

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Η Αυτοαλληλοπάθεια στη Μηδική

Σουλτογιάννη Α. Αθανασία

Πτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής
& Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική
υποχρέωση για τη λήψη του πτυχίου του Γεωπόνου.

ΒΟΛΟΣ 2007



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6628/1
Ημερ. Εισ.: 07-10-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2007
ΣΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η Αυτοαλληλοπάθεια στη Μηδική

Σουλτογιάννη Α. Αθανασία

Πτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής
& Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική
υποχρέωση για τη λήψη του πτυχίου του Γεωπόνου.

ΒΟΛΟΣ 2007

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων

Π. Λόλας

Καθηγητής

Μέλος

Ν. Τσιρόπουλος

Αναπλ. Καθηγητής

Μέλος

Α. Σφουγγάρης

Επίκ. Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Φυσιολογίας και Ζιζανιολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Πέτρο Λόλα, τόσο για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου διατριβής όσο και για την αμέριστη συμπαράσταση καθόλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στη συγγραφή της διατριβής με την καθοδήγηση, τις υποδείξεις και τις επισημάνσεις του. Τον ευχαριστώ θερμά για το χρόνο και το ενδιαφέρον που έδειξε για μένα τόσο μέσα, όσο και έξω από τις αίθουσες διδασκαλίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο, Αναπληρωτή Καθηγητή, καθώς και τον κ. Σφουγγάρη Αθανάσιο, Επίκουρο Καθηγητή του ιδίου τμήματος για τις υποδείξεις και τις διορθώσεις τους που βοήθησαν στην ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καλούς μου φίλους και συναδέλφους που όλα αυτά τα χρόνια μοιραστήκαμε τους ίδιους προβληματισμούς και τις ίδιες αγωνίες.

Ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου τους γονείς μου που όλα τα χρόνια των σπουδών μου ήταν δίπλα μου και αφιέρωσαν τόσο χρόνο από τη ζωή τους για να φτιάξουν τη δική μου...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η φυτρωτικότητα σπόρων μηδικής (*Medicago sativa*) και φακής (*Lens esculenta*) σε δείγματα εδάφους μηδικεύνα καθώς και οι απώλειες φυτών σε χρονικό διάστημα δύο μηνών. Σκοπός του πειράματος ήταν να διερευνηθεί η ύπαρξη του φαινομένου της αυτοαλληλοπάθειας της μηδικής (*Medicago sativa*), καθώς και η αλληλοπαθητική της δραστηριότητα με τη φακή. Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο.

Τα δείγματα εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν, προέρχονταν από μηδικεύνες της περιοχής του Νομού Κιλκίς. Επιλέχθηκαν δύο μηδικεύνες οι οποίοι είχαν σπαρθεί με μηδική, ο ένας τα τελευταία δύο και ο άλλος τα τελευταία τέσσερα έτη, αντίστοιχα. Από κάθε αγροτεμάχιο συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους σε δύο ζώνες απόστασης, 10cm και 20cm, γύρω από τα υπάρχοντα φυτά, καθώς και ενδεικτικό δείγμα εδάφους της περιοχής χωρίς μηδική που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και φυλάχθηκαν σε ανοιχτούς σάκους μέχρι τη χρησιμοποίησή τους.

Το πείραμα περιλάμβανε δύο μέρη. Το πρώτο αφορούσε στη βλάστηση και αύξηση σπόρων μηδικής σε φυτοδοχεία με δείγμα εδάφους που απείχε 10cm από τα υπάρχοντα φυτά, με έδαφος που απείχε 20cm από τα υπάρχοντα φυτά και με δείγμα εδάφους της περιοχής που είχε εμπλουτιστεί με διήθημα από δείγμα εδάφους μηδικεύνα 4 ετών. Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε έδαφος της ίδιας περιοχής στο οποίο δεν είχε καλλιεργηθεί μηδική. Τα φυτοδοχεία τοποθετήθηκαν σε εξωτερικό χώρο και αναπτύχθηκαν σε μη ελεγχόμενες συνθήκες υπαίθρου. Μετά τη σπορά μετρήθηκε το ποσοστό βλάστησης των σπόρων σε διάστημα 7 ημερών και μετά από αραίωση μετρήθηκαν σταδιακά ο αριθμός των φυτών που επέζησε σε συνολικό διάστημα 2 μηνών, οπότε και έγινε κοπή των φυτών και μέτρηση του χλωρού τους βάρους. Τα φυτά τοποθετήθηκαν για 48h σε κλίβανο και στη συνέχεια μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος ανά φυτό.

Στο δεύτερο μέρος του πειράματος ακολουθήθηκε η ίδια πορεία με χρήση όμως και σπόρων φακής αυτή τη φορά. Τα φυτοδοχεία της φακής και μηδικής τοποθετήθηκαν αυτή τη φορά σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στο θερμοκήπιο.

Στο πρώτο μέρος του πειράματος βρέθηκε ότι οι επεμβάσεις που είχαν το μικρότερο ποσοστό φυτρώματος και τις μεγαλύτερες απώλειες φυτών στη συνέχεια ήταν αυτές όπου χρησιμοποιήθηκε δείγμα εδάφους από μηδικώνα 4 ετών σε ζώνη απόστασης 10cm γύρω από τα φυτά, γεγονός που στηρίζει την θεωρία του φαινομένου της αυτοαλληλοπάθειας. Στα φυτά που χρησιμοποιήθηκε διήθημα αν και συγκριτικά είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό φυτρώματος στη συνέχεια παρουσίασαν μεγάλο ποσοστό απωλειών και πεσμένων φυτών στα φυτοδοχεία, παρόλο που στην αρχή παρουσίασαν φυσιολογική αύξηση και ανάπτυξη. Το αξιοπρόσεκτο είναι ότι οι μετρήσεις του χλωρού και ξηρού βάρους έδειξαν ότι τα φυτά των επεμβάσεων είχαν μεγαλύτερο βάρος από ότι αυτό του μάρτυρα.

Στο δεύτερο μέρος του πειράματος, στην περίπτωση της μηδικής παρατηρήθηκαν μικρότερα ποσοστά φυτρώματος στις επεμβάσεις που περιείχαν δείγμα εδάφους από το μηδικώνα που είχε σπαρθεί για 2 έτη. Τα ποσοστά αυτά σταδιακά αυξήθηκαν και τελικά τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ύπαρξη της αυτοαλληλοπάθειας. Στην περίπτωση της φακής, παρατηρήθηκε μια ελαφρή μείωση του αριθμού φυτών που φύτευαν σε χώμα από μηδικώνα 4 ετών. Τα τελευταία αυτά αποτελέσματα δείχνουν την τάση της μηδικής να προκαλεί αλληλοπάθεια και σε άλλες καλλιέργειες. Οι μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους της μηδικής έδειξαν αντίστοιχα αποτελέσματα με τις μετρήσεις του πρώτου μέρους, ενώ αυτές της φακής έδειξαν ότι οι επεμβάσεις με έδαφος από μηδικώνα 4 ετών είχαν τις μεγαλύτερες μειώσεις σε χλωρό βάρος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν στο πρώτο μέρος το ρόλο που παίζει το φαινόμενο της αυτοαλληλοπάθειας στο φύτευμα, στην αύξηση και στην ανάπτυξη φυτών μηδικής και στο δεύτερο μέρος τις αλληλοπαθητικές ιδιότητες της μηδικής και σε άλλες καλλιέργειες, στην περίπτωση αυτή της φακής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	3
2.1 Γενικά	3
2.2 Καταγωγή και διάδοση	3
2.3 Η μηδική στην Ελλάδα	4
2.4 Μορφολογία-βιολογία	5
2.5 Το φαινόμενο της αυτοαλληλοπάθειας	6
3. ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ	7
3.1 Ορισμοί	7
3.2 Αλληλοπάθεια	8
3.3 Μελλοντικές προοπτικές	8
3.4 Αυτοτοξικότητα	10
4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	11
4.1 Αλληλοπάθεια & αυτοαλληλοπάθεια	11
4.2 Αυτοτοξίνες	14
4.3 Επίδραση παραγόντων σε βλαστικά μέρη του φυτού	17
4.4 Ζώνη αυτοτοξικής δράσης γύρω από τα φυτά	18
5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	24
5.1 Γενικά	24
5.2 Δείγμα εδάφους και προετοιμασία πριν τη σπορά	24
5.3 Πειράματα	25
5.3.1 Πείραμα φυτών μηδικής σε συνθήκες περιβάλλοντος	25
5.3.2 Πείραμα φυτών μηδικής και φακής σε θερμοκήπιο	26
5.4 Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων	27
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ	28
6.1 Πείραμα φυτών μηδικής σε συνθήκες περιβάλλοντος	28
6.1.1 Βλαστικότητα σπόρων μηδικής	28
6.1.2 Επιβίωση φυτών μηδικής	30
6.1.3 Χλωρό και ξηρό βάρος φυτών μηδικής	32
6.2 Πείραμα φυτών μηδικής και φακής σε θερμοκήπιο	34
6.2.1 Βλαστικότητα σπόρων μηδικής και φακής	34
6.2.2 Επιβίωση φυτών μηδικής και φακής	37

6.2.3 Χλωρό και ξηρό βάρος φυτών μηδικής και φακής	40
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παράγοντες που αναστέλλουν την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών έχουν καταγραφεί εδώ και πολλούς αιώνες ξεκινώντας από το Θεόφραστο (300 π.Χ.) φτάνοντας μέχρι και σήμερα. Οι προσπάθειες για να εξηγηθούν οι αλληλοεπιδράσεις των φυτών μεταξύ τους γίνονταν με υποθέσεις που βασίζονταν στον ανταγωνισμό των φυτών για χώρο, φως, νερό, υγρασία, CO₂ και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Πιο εμβαθείς παρατηρήσεις πλέον κλίνουν στο γεγονός ότι πολλά φυτά υπερισχύουν άλλων με φυσική επιλογή μέσω της αλληλοπαθητικής τους δραστηριότητας.

Η συχνή πλέον εμφάνιση της αλληλοπάθειας μεταξύ των φυτικών ειδών, των ζιζανίων αλλά και των καλλιεργειών με μεγάλη οικονομική σημασία, που είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση αποδόσεων κατά την εναλλαγή τους, έδωσε το έναυσμα στην επιστημονική κοινότητα για τη συστηματική μελέτη και αξιοποίηση του φαινομένου. Αλληλοπαθητική δραστηριότητα εμφανίζεται όταν ένα φυτό μέσω δευτερογενών μεταβολιτών που εκλύει στο περιβάλλον προκαλεί ζημία σε ένα φυτό άλλου είδους. Αυτός είναι ένας μηχανισμός άμυνας του φυτού για να διεκδικήσει όλα εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την καλύτερη αύξηση και ανάπτυξή του. Αυτός ο μηχανισμός αυτόματα όμως γίνεται βλαβερός για φυτά άλλου είδους που θα βρεθούν στον ίδιο χώρο και έχει σαν αποτέλεσμα οι δευτερογενείς αυτοί μεταβολίτες να μετατρέπονται σε τοξίνες, που εμποδίζουν τη φυσιολογική του πορεία στο περιβάλλον. Για αυτό το λόγο, αν και η εναλλαγή των καλλιεργειών έχει ως σκοπό την αποφυγή όλων εκείνων των δυσμενών επιπτώσεων της μονοκαλλιέργειας, πολλές φορές παρατηρείται σε αγρούς μείωση των φυτών και των αποδόσεων σαν αποτέλεσμα της αλληλοπάθειας.

Με τη στενότερη έννοια της, η εμφάνιση της αλληλοπάθειας μεταξύ φυτών του ίδιου είδους έκανε εμφανή την ανάγκη για την εισαγωγή ενός νέου όρου, αυτού της αυτοτοξικότητας. Αυτοτοξικότητα έχει καταγραφεί σε αρκετές καλλιέργειες μεγάλης οικονομικής και γεωργικής σημασίας μεταξύ των οποίων το σιτάρι (*Triticum aestivum*), το καλαμπόκι (*Zea mays*), το σπαράγγι (*Asparagus*

officinalis) και στην προκειμένη περίπτωση που μας ενδιαφέρει και στη μηδική (*Medicago sativa*).

Η μηδική ως ψυχανθές είναι από τα είδη που έχει μελετηθεί περισσότερο το φαινόμενο της αυτοτοξικότητας παγκοσμίως λόγω της τεράστιας οικονομικής της σημασίας ως ζωοτροφής αλλά και ως φυτού με δυνατότητες αναβάθμισης και βελτίωσης του εδάφους. Τα τυπικά συμπτώματα της εμφάνισης του φαινομένου στον αγρό μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν καχεκτικά φυτά με κιτρινωπά φύλλα και την ελάττωση του αριθμού φυτών. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη σημαντική μείωση αποδόσεων και κατ' επέκταση τη μείωση του εισοδήματος των αγροτών. Πέρα από τις "αυτοκαταστροφικές" ιδιότητες της, έχουν γίνει μελέτες και για την ικανότητα της μηδικής να προκαλεί τέτοιες μειώσεις αποδόσεων και σε άλλες καλλιέργειες που μπορεί να σπαρθούν στον ίδιο αγρό μετά.

Παρόλα αυτά, η έρευνα τα τελευταία χρόνια έχει εστιάσει το ενδιαφέρον της στο πώς μπορεί η γεωργία να επωφεληθεί από τις φαινομενικά αρνητικές επιδράσεις της αλληλοπάθειας και να χρησιμοποιήσει τις ιδιότητές της προς όφελος των καλλιεργητών.

Σκοπός του πειράματος ήταν αρχικά να διαπιστωθεί η ύπαρξη του φαινομένου της αυτοαλληλοπάθειας σε έδαφος του ελλαδικού χώρου, όπου η καλλιέργεια της μηδικής είναι συστηματική και χρόνια. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ένα συμπληρωματικό πείραμα του οποίου σκοπός ήταν να παρατηρηθεί τυχόν αλληλοπαθητική δραστηριότητα της μηδικής στη φακή.

2. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΗΔΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 Γενικά

Με την ονομασία μηδική είναι γνωστά πολλά είδη ετήσια ή πολυετή που ανήκουν στο γένος *Medicago*. Τα περισσότερα είναι αυτοφυή και λίγα είναι μόνο τα καλλιεργούμενα είδη. Τα είδη μηδικής ανέρχονται σε 61, εκ των οποίων τα 34 είναι ετήσια και τα 27 πολυετή. Στην Ελλάδα απαντούν 24 είδη μηδικής εκ των οποίων 17 ετήσια και 4 πολυετή (Καββάδας, 1964). Το κυρίως καλλιεργούμενο είδος είναι το *Medicago sativa* L. subsp. *sativa* (μηδική η ήμερη ή μηδική η κοινή ή απλά μηδική), η οποία είναι πολυετής. Είναι γνωστή και ως πολυετές τριφύλλι από παλαιότερη κατάταξή της στο γένος των τριφυλλίων εξαιτίας της οποίας συχνά, ακόμη και σήμερα, δημιουργείται σύγχυση μεταξύ τους. Η μηδική ανήκει στο γένος *Medicago*, της οικογένειας *Fabaceae*, το οποίο συγγενεύει με τα είδη *Melilotus*, *Trigonella* και *Trifolium* (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2003).

2.2 Καταγωγή και διάδοση

Από τα υπάρχοντα ιστορικά δεδομένα συμπεραίνεται πως το πιθανότερο κέντρο καταγωγής της μηδικής είναι η Νοτιοδυτική Ασία και συγκεκριμένα η περιοχή της αρχαίας Μήδίας της Περσίας (σημερινό Ιράν), από όπου φαίνεται να πήρε και το όνομά της. Αναφορές στη μηδική γίνονται από αρχαίους Έλληνες. Ο Θεόφραστος (4^{ος} π.Χ. αιώνας) αναφέρει ότι η μηδική ήρθε στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια των μηδικών πολέμων, καθώς αποτελούσε βασικό χόρτο εκτροφής του ιππικού και των ζώων που είχαν μαζί τους. Έκτοτε, εκτιμήθηκε η αξία της και διαδόθηκε σταδιακά σε όλες τις παραμεσόγειες χώρες. Από την Ελλάδα πέρασε στην Ιταλία και από εκεί με την εξάπλωση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας διαδόθηκε σε όλη την Ευρώπη. Στη συνέχεια, μέσω της Ισπανίας πέρασε στις Η.Π.Α. κατά το 18^ο αιώνα, όπου διαδόθηκε με το αραβικό όνομα *alfalfa*, που σημαίνει άριστη ζωοτροφή (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2003). Έχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθεί σε όλο το Βόρειο και Νότιο πλάτος της εύκρατης ζώνης με μεγαλύτερη όμως προσαρμογή στα νοτιοδυτικά μέρη της Ασίας από όπου και κατάγεται (Φωτιάδης, 1966).

2.3 Η μηδική στην Ελλάδα

Στη χώρα μας η μηδική κατέχει ξεχωριστή θέση ανάμεσα στα κτηνοτροφικά φυτά, καταλαμβάνοντας πάνω από το 60% των εκτάσεων που καλλιεργούνται για παραγωγή σανού και πάνω από το 80% των σανοδοτικών ψυχανθών (Βαϊτσης 1996, ΕΣΥΕ 1998). Αποτελεί τη βασική καλλιέργεια στη χώρα μας για την παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών στις οποίες η Ελλάδα είναι πολύ ελλειμματική. Η καλλιεργούμενη έκταση με μηδική στα μέσα της δεκαετίας του 1970 ήταν πάνω από 2 εκ. στρ., στη συνέχεια όμως μειώθηκε σταδιακά, ιδίως από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, φτάνοντας να καλλιεργούνται το 2000 περίπου 1,3 εκ. στρ. (Κοντσιώτου, 2005). Βασικά αίτια για τη μείωση αυτή θεωρούνται κυρίως η αναπροσαρμογή του σποροπαραγωγικού συστήματος κατά την είσοδο της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (1981), η έλλειψη τεχνικοοικονομικής κατάρτισης των καλλιεργητών, η απουσία οικονομικών μέτρων στήριξης της καλλιέργειας και η υποβάθμιση των βοσκοτόπων από την υπερβόσκηση (Γαλανοπούλου-Σενδούκα 2003, Κοντσιώτου 2005).

Η μέση στρεμματική απόδοση του ξηρού χόρτου ποτιστικής μηδικής μετά το πρώτο έτος ανέρχεται σε 1200-3000 kg/στρ. και ξηρικής σε 400-1500 kg/στρ.

Η μηδική καλλιεργείται σε ολόκληρη τη χώρα, κυρίως όμως στις πεδινές και ημιορεινές περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ελλάδας, σε γόνιμες και αρδευόμενες εκτάσεις. Συνθήκες ευνοϊκές για την καλύτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας είναι το ξηροθερμικό κλίμα με υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, μεγάλη φωτοπερίοδο και μέτριο ψύχος το χειμώνα.

Θεωρείται το σπουδαιότερο χορτοδοτικό ψυχανθές σε παγκόσμια κλίμακα, χάρη στη μεγάλη παραγωγή χόρτου υψηλής ποιότητας, την εύκολη καλλιέργεια και το μικρό κόστος. Είναι φυτό με πολλές κοπές το χρόνο (από 3 ως 8) ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και την ποικιλία και με υψηλή προσαρμοστικότητα σε ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών (Κοντσιώτου, 2005). Το χόρτο της είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, ανόργανα άλατα και βιταμίνες και αποτελεί ζωοτροφή υψηλής θρεπτικής αξίας, πολύ υγιεινή για τα ζώα. Επίσης στις αρδευόμενες εκτάσεις ή σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις είναι μία δυναμική πολυετής καλλιέργεια, πλήρως μηχανοποιημένη, με υψηλές

αποδόσεις, που σε ορισμένες περιοχές την κάνουν ανταγωνιστική έναντι άλλων αρδευόμενων καλλιεργειών (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2005).

2.4 Μορφολογία-βιολογία

Η μηδική είναι πολυετές φυτό με όρθια ανάπτυξη. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από μια πασσαλώδη ρίζα, που εισχωρεί στο έδαφος σε βάθος ακόμα και 7-9m. Ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφικές συνθήκες η κύρια ρίζα διακλαδίζεται και αναπτύσσεται ένα δίκτυο πλάγιων ριζών λιγότερο ή περισσότερο εκτεταμένο. Η μάζα των ριζών μειώνεται με το βάθος λογαριθμικά ώστε περισσότερο από το 70% των ριζών να βρίσκεται μέχρι 60 cm βάθος. Οι ινώδεις ρίζες πολλαπλασιάζονται στα πρώτα 20 cm του εδάφους και αυτές φέρουν το μεγαλύτερο αριθμό φυματίων. Τα φυμάτια είναι επιμήκη και κυλινδρικά (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2005).

Το πρώτο φύλλο που εμφανίζεται είναι απλό, ενώ τα υπόλοιπα φύλλα του κεντρικού βλαστού είναι σύνθετα. Τα φύλλα της μηδικής είναι σύνθετα πτεροειδή και είναι διατεταγμένα στο βλαστό κατ' εναλλαγή. Κάθε φύλλο αποτελείται συνήθως από 3 και σπανιότερα περισσότερα επιμήκη ή αντωειδή φυλλάρια. Οι βλαστοί είναι λεπτοί, συνήθως όρθιοι ή μερικώς πλάγιοι και σπάνια έρποντες με ύψος που συνήθως φτάνει τα 60-90 cm. Το πάχος του βλαστού μειώνεται προοδευτικά από τη βάση στην κορυφή. Τα άνθη φέρονται σε πυκνές βοτρυώδεις ταξιανθίες στις μασχάλες των φύλλων. Το σύννηθος χρώμα των ανθέων είναι το ανοικτό έως σκούρο ιώδες, με αποχρώσεις προς το μπλέ ή το κόκκινο, ανάλογα με την ποικιλία. Ο καρπός είναι σπειροειδής λοβός και περιέχει 1-8 σπόρους. Οι ώριμοι σπόροι έχουν μήκος 1-2 mm, πλάτος 1-2 mm και πάχος 1 mm και 350-550 σπόροι ζυγίζουν 1 g.

Ο σπόρος παρουσιάζει φύτευμα σε ευρέα όρια θερμοκρασιών (2-40°C) με άριστη τους 19-25°C. Μελέτες έδειξαν ότι η ταχύτητα και το τελικό ποσοστό φυτρώματος μετά από 7 μέρες δε διέφερε σε θερμ. 5-35°C (Fick κ.α., 1988).

Η διατήρηση της πυκνότητας του μηδικώνα (επιβίωση μηδικής) συνδέεται με την απόδοση και καθορίζει τη διάρκεια (έτη) οικονομικής εκμετάλλευσής της. Η αρχική πυκνότητα της φυτείας εξαρτάται από την πυκνότητα σποράς και την

εγκατάσταση νεαρών φυταρίων, ενώ στη συνέχεια η πυκνότητα καθορίζεται από την ικανότητα επιβίωσης των φυτών (Volenec, 1999). Η ταχεία αραίωση της φυτείας κατά τη διάρκεια των 3 πρώτων ετών αποδίδεται κυρίως στον ανταγωνισμό μεταξύ των φυτών. Στη συνέχεια παρατηρείται σταδιακή μείωση που οφείλεται στην επίδραση συνδυασμού παραγόντων όπως είναι τα έντομα, οι ασθένειες, η μείωση της γονιμότητας του εδάφους, οι δυσμενείς συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και η καταπόνηση των φυτών κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Beuselinck κ.ά., 1994).

2.5 Το φαινόμενο της αυτοαλληλοπάθειας

Πέρα από τους κλιματικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, η εγκατάσταση νέας μηδικής αμέσως μετά την καταστροφή της παλαιάς δεν συνιστάται, λόγω πιθανών προβλημάτων που θα προκύψουν από την αυτοαλληλοπάθεια ή αλλιώς αυτοτοξικότητα. Η αυτοτοξικότητα είναι ένα είδος αλληλοπάθειας μέσα στο είδος και συμβαίνει όταν διάφορες εκκρίσεις από τα ίδια τα φυτά είναι επιζήμιες για την αύξηση και την ανάπτυξή τους. Η αυτοτοξικότητα στη μηδική, όταν σπέρνεται αμέσως μετά από μηδική, σε σχέση μετά από μία άλλη καλλιέργεια, εκδηλώνεται με αραιώτερο φύτευμα, μειωμένη εγκατάσταση νεαρών φυταρίων και συνήθως μειωμένη απόδοση. Τα φυτά της μηδικής περιέχουν διάφορες υδατοδιαλυτές ουσίες, όπως είναι η μεδικαρπίνη (Εικ.2, Παράρτημα), κουμαρίνη, χλωρογενικό οξύ κ.ά., οι οποίες εκκρίνονται στο έδαφος από όλα τα μέρη του φυτού, αλλά κυρίως από τα χλωρά βλαστικά τμήματα. Πιθανόν η χημική αλληλεπίδραση αυτών των ουσιών συντελεί στην εκδήλωση της αυτοτοξικότητας. Μελέτες έδειξαν ότι μεταξύ των ποικιλιών της μηδικής βρέθηκαν διαφορές ως προς την αλληλοπαθητική ικανότητα και αυτοτοξικότητα (Chon κ.ά. 2000, Xuan και Tsuzuki 2002). Παρ' όλο ότι τα αποτελέσματα των ερευνών δε συμφωνούν μεταξύ τους, όσον αφορά στο χρονικό διάστημα που πρέπει να παρέλθει για την ασφαλή εγκατάσταση νέας μηδικής μετά την καταστροφή της παλαιάς, η παρεμβολή μιας άλλης καλλιέργειας για ένα τουλάχιστον έτος κρίνεται απαραίτητη (Miller 1996, Seguin κ.ά. 2002).

3. ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

Πριν αναλυθούν λεπτομερώς τα φαινόμενα της αλληλοπάθειας και της αυτοτοξικότητας, είναι σημαντικό να γίνει μια πρώτη αναφορά στις έννοιες και στον διαχωρισμό τους από τον ανταγωνισμό καθώς και άλλους φυσιολογικούς και οικολογικούς όρους. Επίσης, είναι σημαντική η αναφορά σε πιθανές χρήσεις της αλληλοπάθειας προς όφελος των καλλιεργητών.

3.1 Ορισμοί

Η αλληλοπάθεια και ο ανταγωνισμός είναι και οι δύο μορφές αλληλεπίδρασης των φυτών μεταξύ τους. Η διαφορά μεταξύ τους βρίσκεται στο ότι στην περίπτωση της αλληλοπάθειας το φυτό προσθέτει ένα παράγοντα τοξικό στο περιβάλλον, ενώ στην περίπτωση του ανταγωνισμού ένας παράγοντας απαραίτητος από τα φυτά απομακρύνεται από το περιβάλλον.

Αλληλεπίδραση (interference) ή παρέμβαση, παρεμβολή είναι η συνολική επίδραση των φυτών στις καλλιέργειες ως αποτέλεσμα της αμοιβαίας επίδρασης μεταξύ τους. Η αλληλεπίδραση μπορεί να είναι μόνο ανταγωνισμός, μόνο αλληλοπάθεια, ή και τα δύο μαζί (Λόλας, 2007).

Ανταγωνισμός (competition) είναι η από μέρους ενός φυτού απομάκρυνση ή ο περιορισμός από το περιβάλλον του ενός ή περισσότερων βασικών παραγόντων απαραίτητων για την ομαλή αύξηση – ανάπτυξη ενός άλλου φυτού στο ίδιο περιβάλλον (Λόλας, 2007).

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι ο ανταγωνισμός και η αλληλοπάθεια μπορούν να δράσουν και συνεργιστικά, όσον αφορά στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Reigosa και λοιποί, 1999). Η **αλληλοπάθεια** ορίστηκε για πρώτη φορά ως το φαινόμενο εκείνο που εκφράζει την άμεση (όταν η ουσία δρα τοξικά στη μορφή που παράγεται) ή έμμεση (όταν η ουσία δρα τοξικά μετά από μετατροπή της στο περιβάλλον), την ωφέλιμη ή βλαβερή επίδραση ενός φυτού σε ένα άλλο μέσω της έκλυσης χημικών ουσιών στο περιβάλλον (Molisch 1937, Rice 1984). Συνήθως είναι διαειδική· αν όμως, το φυτό-πομπός και το φυτό-δέκτης ανήκουν στο ίδιο είδος, τότε γίνεται ενδοειδική

αλληλοπάθεια και ο όρος που χρησιμοποιείται είναι αυτοαλληλοπάθεια ή αυτοτοξικότητα. Επομένως, η **αυτοτοξικότητα** εμφανίζεται όταν ένα φυτό εκλύει στο περιβάλλον χημικές ουσίες που είναι τοξικές και εμποδίζουν τη βλάστηση και την αύξηση – ανάπτυξη φυτών του ίδιου είδους (Miller, 1996). Μέχρι τώρα, το φαινόμενο έχει καταγραφεί σε ένα μεγάλο αριθμό καλλιεργούμενων φυτών, δέντρων ακόμη και ζιζανίων.

3.2 Αλληλοπάθεια

Πολλά φυτά περιέχουν παρεμποδιστές βλάστησης ή και ανάπτυξης. Χημικά, αυτοί οι παρεμποδιστές ποικίλλουν και διανέμονται σε όλα τα μέρη του φυτού, συμπεριλαμβανομένων και των σπόρων ή και των καρπών, ανάλογα με το είδος του φυτού. Πολλές φορές εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στους σπόρους, όπου πέρα από την προστασία του σπόρου, ελέγχουν και τη βλαστικότητα πολλών φυτών. Αυτές οι ουσίες ονομάζονται αλληλοχημικές (allelochemicals) και είναι κυρίως μη πρωτεϊνούχα αμινοξέα. Τα φυτά με αλληλοπαθητικές ικανότητες έχουν άμεση επίδραση σε γειτονικά τους φυτά, αν οι αλληλοχημικές αυτές ουσίες που εκλύουν στο περιβάλλον φτάσουν σε μία κρίσιμη συγκέντρωση σε μικρό χρονικό διάστημα (Friedman and Waller 1985). Η ελευθέρωση των αλληλοχημικών αυτών ουσιών στο περιβάλλον μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους. Συνοπτικά, αναφέρονται οι παρακάτω:

- Έκπλυση (leaching) υπέργειων μερών του φυτού ή υπολειμμάτων του στο έδαφος,
- Έκκριση (root exudation) από τα υπόγεια μέρη του φυτού,
- Εξάτμιση – Πτητικοποίηση (volatilization),
- Αποσύνθεση (decay) τμημάτων του φυτού μέσα ή πάνω στο έδαφος.

3.3 Χρήση και μελλοντικές προοπτικές

Η αλληλοπάθεια παρουσιάζεται ως μία διαδικασία που εμφανίζει κάποια χαρακτηριστικά. Για να χαρακτηριστεί όμως μία καλλιέργεια ως αλληλοπαθητική θα πρέπει να περιλαμβάνει κάποια από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ♦ Να επηρεάζει την αύξηση, την παραγωγικότητα και την απόδοση κάποιας άλλης καλλιέργειας,
- ♦ Να επηρεάζει την απόδοση σε περίπτωση μονοκαλλιέργειας ή αμειψισποράς,
- ♦ Να προκαλεί «ασθένειες εδάφους» και να διαταράσσει την ισορροπία διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων στο περιβάλλον, καθώς και τον μικροβιακό πληθυσμό, και
- ♦ Να έχει την ικανότητα να αναστέλλει την ανάπτυξη και την ομαλή λειτουργία ζιζανίων (Inderjit, Duke, S.O., 2003).

Διάφοροι μελετητές υποστηρίζουν ότι αν η αλληλοπάθεια αξιοποιηθεί με τον κατάλληλο τρόπο και χρησιμοποιώντας σωστά μέτρα μπορεί να επιτευχθούν αποτελέσματα μεγάλης αγρονομικής σημασίας. Μεγάλος αριθμός ζιζανίων μπορεί να καταπολεμηθεί βιολογικά με αυτόν τον τρόπο, βοηθώντας έτσι στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης που προκαλείται από τα συνθετικά χημικά σκευάσματα. Επιπλέον, η ποιότητα και η οργανική ουσία του εδάφους βελτιώνονται με την προσθήκη θρεπτικών και άλλων ουσιών στο έδαφος από υπολείμματα καλλιεργειών (Xuan et al, 2005).

Είναι πλέον αποδεκτό ότι τα ζιζάνια προκαλούν ετησίως σοβαρές απώλειες στην παγκόσμια παραγωγή, το 5% στα αναπτυγμένα κράτη, το 10% στα αναπτυσσόμενα και φτάνοντας ακόμη και το 25% στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται με τις καλλιέργειες για παράγοντες που αφορούν στην ανάπτυξή τους (νερό, φώς, θρεπτικά, χώρο), αλλά και με άλλα έντομα και φυτοπαθογόνα. Η υπερβολική και αλόγιστη χρήση των ζιζανιοκτόνων τα τελευταία χρόνια έχει αμβλύνει το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ρύπανσης και κατά συνέπεια το πόσο ασφαλή είναι για την υγεία του καταναλωτή τα αγροτικά προϊόντα. Έτσι, χρησιμοποιώντας τις φυτοτοξικές ουσίες που εκκρίνονται από τα φυτά, είναι δυνατόν να μειωθεί ο πληθυσμός των ζιζανίων (Einhellig et al, 1988). Μελέτες έδειξαν ότι ουσίες που εκκρίνονται από φυτά μηδικής, καλαμποκιού και ρυζιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοζιζανιοκτόνα (bioherbicides) (Khanh, 2005).

Η αλληλοπάθεια έχει δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί με τη χρήση της βιοτεχνολογίας στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση ζιζανίων με μεταφορά αλληλοπαθητικών γονιδίων στις καλλιέργειες, με βελτίωση της παραγωγής φυσικών τοξινών ή υποπροϊόντων τους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ζιζανιοκτόνα και τέλος με χρήση της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA (Xuan and Tsuzuki, 2002).

3.4 Αυτοτοξικότητα

Το φαινόμενο της αυτοτοξικότητας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δε διαφέρει σε τίποτα από την αλληλοπάθεια εκτός από τα φυτά «στόχους». Τα φυτά, δηλαδή που εκκρίνουν τις αυτοτοξίνες, έχουν στόχο φυτά του ίδιου είδους. Η αυτοτοξικότητα αποτέλεσε για πολλά χρόνια αντικείμενο μελέτης και έγιναν πολλές έρευνες σχετικά με το μηχανισμό και τους μεταβολίτες που συμμετέχουν στη διαδικασία. Έχει βρεθεί ότι οι αυτοτοξίνες προκαλούν αυτό το φαινόμενο είτε εξαιτίας της χημικής τους δομής όπως αυτή υφίσταται στα διάφορα μέρη του φυτού, είτε γιατί είναι πρόδρομοι διάφορων τοξικών ουσιών που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (Anaya, 1999). Στη λίστα των δευτερογενών μεταβολιτών που προκαλούν τέτοιες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυτών έρχονται να προστεθούν διάφορες ομάδες αυτοτοξικών παραγόντων, όπως είναι τα αλκαλοειδή και οι σαπωνίνες. Οι σαπωνίνες είναι υδατοδιαλυτές ουσίες που βρίσκονται σε διάφορα μέρη του φυτού της μηδικής.

Η μηδική παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και αποτελεί την καλλιέργεια που έχει μελετηθεί περισσότερο λόγω της τεράστιας οικονομικής και γεωργικής της σημασίας.

4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Ο στόχος αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να συζητηθούν μερικές από τις σημαντικότερες πτυχές του φαινομένου και ευρήματα μελετών που έχουν γίνει στην καλλιέργεια της μηδικής. Η αυτοτοξικότητα της μηδικής είναι η κυριότερη αιτία αποτυχίας επαναφύτευσης μίας φυτείας στον αγρό.

4.1 Αλληλοπάθεια & αυτοτοξικότητα

Η μηδική είναι γνωστό ότι είναι και αυτοτοξική και αλληλοπαθητική καλλιέργεια. Οι Hedge και Miller (1990) πραγματοποίησαν πειράματα σε θερμοκήπιο και εργαστήριο προκειμένου να καθορίσουν εάν η μηδική παρουσιάζει βραχυπρόθεσμη αυτοτοξικότητα (short-term autotoxicity), μακροπρόθεσμη αυτοτοξικότητα (long-term autotoxicity) και αλληλοπάθεια. Η μακροπρόθεσμη αυτοτοξικότητα και η αλληλοπάθεια επιβεβαιώθηκαν με τη σύγκριση της βλάστησης και της αύξησης της μηδικής και του σόργου σε έδαφος που είχε καλλιεργηθεί προηγουμένως με αυτές τις καλλιέργειες. Η βραχυπρόθεσμη αυτοτοξικότητα της μηδικής ερευνήθηκε μελετώντας την επίδραση που έχει η ενσωμάτωση ριζών μόνο ή ριζών και βλαστών στη βλάστηση και στην αύξηση της μηδικής. Οι παρατηρήσεις έπειτα από μια εργαστηριακή βιολογική ανάλυση βλαστών της μηδικής και του σόργου έδειξαν ότι το ύψος φυτού και το χλωρό βάρος ανά φυτό μηδικής και το χλωρό βάρος ανά φυτό σόργου ήταν χαμηλότερα στο έδαφος όπου είχε καλλιεργηθεί μηδική από ότι σε αυτό που είχε καλλιεργηθεί σόργο. Τα ποσοστά βλάστησης της μηδικής και του σόργου δε φάνηκε να επηρεάζονται από την προηγούμενη καλλιέργεια. Τα δύο εδάφη διέφεραν στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, αλλά η γονιμότητα τους ήταν υψηλή και δε θα έπρεπε να περιορίσει την αύξηση καμίας καλλιέργειας. Κατά συνέπεια, οι αυτοτοξικές/αλληλοπαθητικές ενώσεις στο έδαφος της μηδικής παρεμπόδισαν την αύξηση των δύο καλλιεργειών. Η ενσωμάτωση υπολειμμάτων ριζών μηδικής στο έδαφος ή ριζών και βλαστών μείωσε την εμφάνιση φυτών μηδικής, το ύψος των φυτών, και το ξηρό βάρος ανά φυτό. Οι ενώσεις αυτές φάνηκε αρχικά να επιδρούν στη βλάστηση και στην

επιμήκυνση της υποκοτύλης. Σε ένα διάγραμμα ροής (Παράρτημα, Εικόνα 3) περιγράφονται τα διαφορετικά είδη αλληλοπάθειας και αυτοτοξικότητας καθώς και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη των φαινομένων αυτών.

Η αυτοτοξικότητα εμφανίζεται όταν ένα φυτικό είδος εκκλύει χημικές ουσίες που είναι τοξικές για φυτά του ίδιου είδους και παρεμποδίζεται η βλάστηση και η ανάπτυξή τους. Μελετητές έχουν παρατηρήσει ότι τα φυτά της μηδικής περιέχουν υδατοδιαλυτές, φυτοτοξικές ενώσεις που καταλήγουν στο έδαφος από τα χλωρά φύλλα, τους μίσχους, τους βλαστούς, καθώς και από ξηρά ουσία όπως είναι οι παλιές ρίζες και οι σπόροι (Klein and Miller, 1980). Οι φυτοτοξικές αυτές ουσίες παρεμποδίζουν τη βλάστηση και την ανάπτυξη του σπόρου, προκαλώντας μεγάλες δυσκολίες στην επανασπορά μηδικής σε εδάφη όπου πρόσφατα καλλιεργούνταν αυτό το φυτό.

Προσπάθειες αναζωογόνησης μηδικέων που παρουσίαζαν κάμψη συμπεριελάμβαναν ακόμη και επεμβάσεις σε σπόρους με μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα και ήταν συχνά ανεπιτυχείς. Ο Tesar (1984, 1993) σύγκρινε τη σπορά μηδικής μετά από καλλιέργεια καλαμποκιού ή μετά από αγρανάπαυση και κατέληξε ότι με μία περίοδο «αναμονής» 2-3 εβδομάδων δεν εμφανίζονται συμπτώματα αυτοτοξικότητας εφόσον η σπορά της μηδικής γινόταν 2 εβδομάδες μετά το όργωμα αγρού που είχε φυτευθεί παλαιότερα μηδική, ή αν η σπορά γινόταν χωρίς όργωμα 3 εβδομάδες μετά από ψεκασμό του χωραφιού με glyphosate. Συγκεκριμένα, πρότεινε 3 τρόπους αποφυγής του φαινομένου: α) σπορά τουλάχιστον 2 εβδομάδες μετά το όργωμα, β) εφαρμογή glyphosate νωρίς το φθινόπωρο και σπορά νωρίς την άνοιξη χωρίς όργωμα και γ) σπορά την άνοιξη και νωρίς το καλοκαίρι χωρίς όργωμα 3 εβδομάδες μετά την εφαρμογή glyphosate.

Ο Miller (1992) πρότεινε σαν λύση στο πρόβλημα της αυτοτοξικότητας στη μηδική τη χρήση νέων ποικιλιών που δεν παράγουν αλληλοχημικές ουσίες ή τη χρήση εκείνων που είναι ανθεκτικές σε τέτοιες ουσίες.

Σε πείραμα που διεξήγαγε το 1983, ο Miller δεν βρήκε κανένα στοιχείο που να αποδεικνύει ότι οι σαπωνίνες είναι οι ουσίες που είναι υπεύθυνες για την

εμφάνιση της αυτοτοξικότητας. Σε αυτή τη μελέτη, χρησιμοποιώντας διαλύματα από μέρη ριζών έδειξε ότι οι σαπωνίνες δεν είναι αυτοτοξικές σε φυτά μηδικής, χωρίς όμως να αποκλείει το γεγονός να είναι αλληλοπαθητικές σε άλλα είδη.

Οι Wyman-Simpson et al. (1991) επιχείρησαν να προσδιορίσουν τη βιολογική δραστηριότητα των αυτοτοξινών και να καθορίσουν τη σχέση μεταξύ βιολογικά ενεργών ουσιών στις ρίζες σε σχέση με το χρόνο σε έξι ποικιλίες μηδικής από τον Ιανουάριο μέχρι τον Αύγουστο. Συμπέραναν ότι η ποσότητα και ο τύπος των σαπωνινών που υπάρχουν σε ρίζες μηδικής αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Είναι πιθανό η γενετική ποικιλοότητα μεταξύ των ποικιλιών καθώς και η συγκέντρωσή τους και οι επακόλουθες ιδιότητες των τοξικών ουσιών που παράγονται από φυτά μηδικής να εξαρτώνται από το χρόνο.

Οι Chung και Miller (1995c) έδειξαν με μελέτη τους ότι αλληλοχημικές ουσίες μπορούν να βρεθούν σε πολλά μέρη του φυτού της μηδικής σε ποικίλες συγκεντρώσεις. Εκχυλίσματα από διάφορα μέρη φυτών μηδικής φάνηκε να παρεμποδίζουν σημαντικά τη βλαστικότητα της μηδικής, καθώς και το βάρος και το μήκος των σπόρων. Αυξάνοντας τη συγκέντρωση του εκχυλίσματος, μειώθηκε αντίστοιχα η αύξηση των σπόρων. Το μήκος του ριζιδίου ήταν περισσότερο ευαίσθητο στις διάφορες συγκεντρώσεις του εκχυλίσματος από ότι η βλάστηση του σπόρου ή το μήκος της υποκοτύλης. Βασιζόμενοι στο μήκος του ριζιδίου 5 ημέρες μετά τη βλάστηση του σπόρου και στη συγκέντρωση της τοξίνης στο εκχυλίσμα, ο βαθμός τοξικότητας των διαφόρων μερών ενός φυτού μηδικής μπορεί να ταξινομηθεί με φθίνουσα παρεμπόδιση ανάπτυξης και αύξησης, όπως παρακάτω:

φύλλο> σπόρος> ρίζα> άνθος> μίσχος.

Όταν γίνονται προσπάθειες επανασποράς μηδικιών για να πυκνώσει η σειρά, η ενσωμάτωση υπολειμμάτων προηγούμενης καλλιέργειας μηδικής στο έδαφος μπορεί να απελευθερώσει ή να παράγει υδατοδιαλυτές ουσίες που παρεμποδίζουν την ομαλή ανάπτυξη φυτών μηδικής (Guenzi, 1964). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι για αυτή την παρεμπόδιση δεν ευθύνονται μολύνσεις από παθογόνους οργανισμούς.

Μερικά από τα πιο τυπικά συμπτώματα που έχουν παρατηρηθεί στα φυτά μετά από δύο διαδοχικές καλλιέργειες μηδικής στον ίδιο αγρό είναι ο νανισμός, η εμφάνιση στον αγρό κιτρινωπών φυτών με καστανές κηλίδες στην κορυφή των φύλλων και ρίζες που εύκολα αποκόπτονται (Webster et al., 1967).

4.2 Αυτοτοξίνες

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι βλαστοί της μηδικής περιέχουν υδατοδιαλυτές ουσίες οι οποίες είναι αυτοτοξικές και έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της αύξησης και ανάπτυξης νέων φυτών και σπόρων. Ως αιτίες εμφάνισης του φαινομένου έχουν αναφερθεί κατά καιρούς σε μελέτες οι ποικιλίες μηδικής, ο τύπος του εδάφους και η ποσότητα φυτοτοξικών ουσιών που εκλύεται στο περιβάλλον.

Χημικές ουσίες, όπως η σαπωνίνη (Guenzi et al, 1964), φαινολικές ενώσεις (Hall and Henderlong, 1989), η μεδικαρπίνη (Dornbos et al, 1990) (Παράρτημα, Εικόνα 2) και το χλωρογενικό οξύ (Miller, 1996) έχουν αναφερθεί ως αιτίες για την εμφάνιση της αυτοτοξικότητας. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν αδιαμφισβήτητες ενδείξεις για το ποιο χημικό είναι η κύρια αιτία, όμως φαινόλες, όπως η κουμαρίνη, το ο-κουμαρικό οξύ και το *trans*-κουμαρικό οξύ φαίνεται να επηρεάζουν την αύξηση των φυταρίων (Chon et al., 2002).

Μελέτες που προσδιορίζουν την επίδραση που έχουν εκχυλίσματα του φυτικού ιστού στη βλάστηση των σπόρων και στην αύξηση των νεαρών φυταρίων χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί η παρουσία ή απουσία του φαινομένου της αυτοτοξικότητας σε συνθήκες εργαστηρίου. Οι πρώτες παρατηρήσεις υποδείκνυαν ότι πρόκειται για φαινολική ένωση που εκτός από το φυτικό ιστό μπορεί να βρεθεί και σε δείγμα εδάφους (Hall and Henderlong, 1989).

Σε πείραμά τους, οι Hedge και Miller (1992) επιχείρησαν να προσδιορίσουν

- τη σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης αυτοτοξινών σε εκχυλίσματα βλαστικών τμημάτων μηδικής και τη βλάστηση σπόρων και νεαρών φυτών μηδικής και

- εάν και κατά πόσο το βλαστικό στάδιο επηρεάζει τη συγκέντρωση της αυτοτοξίνης στα εκχυλίσματα και την επακόλουθη εμφάνιση της αυτοτοξικότητας.

Από τα ευρήματα των παρατηρήσεων τους κατέληξαν στο ότι το μήκος της ρίζας των φυταρίων επηρεάζεται σημαντικά από τη συγκέντρωση της τοξίνης στο εκχύλισμα, καθώς και από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κατά το οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα βλαστικά τμήματα. Το μήκος της ρίζας μειώνονταν με την αύξηση της συγκέντρωσης της τοξίνης. Σε γενικές γραμμές, οι «παρεμποδιστές αύξησης» της μηδικής φάνηκε να είναι εξαρτώμενοι από τη συγκέντρωση. Οι αλληλοχημικές αυτές ουσίες θα πρέπει να φτάσουν σε συγκεκριμένη ποσότητα και συγκέντρωση στο έδαφος για να προκαλέσουν την εμφάνιση της αυτοτοξικότητας. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, τα εκχυλίσματα δε φάνηκε να επηρεάζουν σημαντικά τη βλαστικότητα των σπόρων ή την αύξηση των φυτών, ενώ αντίθετα σε υψηλότερες συγκεντρώσεις την μείωσαν σημαντικά. Τέλος, η ανάπτυξη που είχαν τα φυτά μηδικής σε εκχυλίσματα βλαστικών τμημάτων διάφορων σταδίων ανάπτυξης δείχνουν ότι η συγκέντρωση της αυτοτοξίνης αυξάνεται με την ηλικία του φυτού.

Καθώς το πρόβλημα της αυτοτοξικότητας είναι έντονο, ερευνητές τόνισαν την ανάγκη να καθοριστεί εάν ποικιλίες μηδικής με χαμηλές συγκεντρώσεις αλληλοπαθητικών ουσιών μπορούν να επιλεχθούν και να υπερισχύσουν των ήδη καλλιεργούμενων. Οι Chung και Miller (1995) αξιολόγησαν τις διαφορές 7 καλλιεργούμενων ποικιλιών μηδικής σε διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτοτοξίνης. Εκχυλίσματα φυτών σε τέσσερις συγκεντρώσεις (w/v 10, 20, 30, και 40%) από επτά ποικιλίες μηδικής αξιολογήθηκαν σε συνθήκες εργαστηρίου για αυτοτοξικές αντιδράσεις στην ίδια ποικιλία. Το ποσοστό βλάστησης, το μήκος σποροφύτων, και το ξηρό βάρος των σποροφύτων μετρήθηκαν για να καθορίσουν την επίδραση των εκχυλισμάτων της ίδιας ποικιλίας στην αύξηση φυτών μηδικής. Αυτές οι παράμετροι μειώθηκαν σημαντικά καθώς η συγκέντρωση των εκχυλισμάτων αυξήθηκε. Η υψηλότερη συγκέντρωση (40%) προκάλεσε τη μέγιστη μείωση στο μήκος υποκοτύλης, στο ξηρό βάρος σποροφύτων, στο ποσοστό βλάστησης, και την ανθεκτικότητα των σποροφύτων σε όλες τις

ποικιλίες. Επίσης, αυξήθηκε σημαντικά ο χρόνος που απαιτήθηκε για τη βλάστηση. Τα αποτελέσματα της αυτοτοξικότητας είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επτά ποικιλιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορούν να υπάρξουν γενετικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών για ανθεκτικότητα στην αυτοτοξικότητα, και ότι είναι δυνατή η επιλογή και καλλιέργεια ποικιλίας με χαμηλό δείκτη αυτοτοξικότητας.

Καθώς η μηδική είναι αυτοτοξική στη βλάστηση σπόρου και την αύξηση ρίζας των σποροφύτων, οι Chon, Nelson και Coutts (2004) θέλησαν να καθορίσουν εάν η επίδραση εκχυλισμάτων φύλλων μηδικής οφείλονταν σε τοξικούς παράγοντες, ωσμωτικούς παράγοντες ή και στα δύο. Τα ποσοστά εμβάπτισης των σπόρων παρουσίασαν ελαφρά μείωση από το εκχύλισμα των φύλλων, εξαιτίας ωσμωτικών παραγόντων. Η βλάστηση σε 22°C συνέβηκε σε 20 ώρες όταν οι σπόροι εμβαπτίστηκαν σε αποσταγμένο νερό αλλά καθυστέρησε σταδιακά στις υψηλότερες συγκεντρώσεις εκχυλισμάτων. Η έναρξη της βλάστησης συνέβηκε σε λιγότερο από 10 ώρες, και ο σπόρος είχε ολοκληρώσει τη βλάστηση όταν η περιεκτικότητα σε νερό ήταν 65% του συνολικού βάρους. Κατά την εμβάπτιση απελευθερώθηκε τοξίνη που έδρασε τοξικά στην αύξηση ρίζας. Ο σπόρος που εμβαπτίστηκε σε διάλυμα εκχυλίσματος για 10 ώρες και μεταφέρθηκε έπειτα σε άγαρ είχε μια καθυστέρηση στη βλάστηση αλλά καμία επίδραση στο ποσοστό αύξησης της ρίζας. Αντιθέτως, ο σπόρος που εμβαπτίστηκε στο νερό για 10 ώρες προτού μεταφερθεί στο εκχύλισμα παρουσίασε μια καθυστέρηση στη βλάστηση και ισχυρή παρεμπόδιση αύξησης της ρίζας καθώς οι συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων αυξήθηκαν. Η παρεμπόδιση επιβραδύνθηκε κυρίως από τους ωσμωτικούς παράγοντες ενώ η καθυστερημένη βλάστηση σπόρου και, ειδικά, η μειωμένη επιμήκυνση ρίζας οφείλονταν κυρίως στους τοξικούς παράγοντες του έκχυλίσματος των φύλλων.



4.3 Επίδραση παραγόντων σε βλαστικά μέρη του φυτού

Οι περισσότερες αξιολογήσεις του φαινομένου της αλληλοπάθειας περιλαμβάνουν τις βιολογικές αναλύσεις. Οι Chon, Coutts και Nelson (2000) πραγματοποίησαν αξιολόγηση ανθεκτικότητας σποροφύτων μηδικής σε παράγοντες, όπως είναι το φως και το μέσο αύξησης (άγαρ), με αυτοτοξικά εκχυλίσματα φύλλων. Σε δοκιμές που έγιναν σε δισκία petri, παρατηρήθηκε ελαφρά μείωση της επιμήκυνσης της υποκοτύλης των μαρτύρων. Η αύξηση ρίζας παρουσίασε ευαισθησία στην αυτοτοξίνη και στο φως και στο σκοτάδι. Το αγάρ έδωσε την καλύτερη αύξηση ρίζας των μαρτύρων όταν τα δισκία petri τοποθετήθηκαν έτσι ώστε να ενθαρρύνουν την κατακόρυφη αύξηση ρίζας ή όταν τοποθετήθηκαν οριζόντια όπου οι ρίζες αυξήθηκαν πλευρικά. Η αύξηση υποκοτύλης δεν ήταν πολύ ευαίσθητη στην αυτοτοξική ουσία στο αγάρ. Σε δισκία με αγάρ εμφανίστηκε 50% παρεμπόδιση της αύξησης του μήκους ρίζας σε συγκέντρωση εκχυλισμάτων που ήταν περίπου 8% από αυτή που απαιτήθηκε για παρεμπόδιση της βλάστησης κατά 50% σε 36 και 48 ώρες. Η αύξηση της ρίζας ήταν μέχρι και 15% πάνω από αυτή των μαρτύρων στις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων. Το μήκος ρίζας σε 120 ώρες ήταν ο καλύτερος δείκτης αυτοτοξικότητας των εκχυλισμάτων φύλλων μηδικής. Βάσει αυτού, διαπιστώθηκε ότι οι ποικιλίες μηδικής διαφέρουν σε βαθμό ανθεκτικότητας στις αυτοτοξίνες.

Η αύξηση ρίζας είναι ευαίσθητη σε αυτοτοξικές ουσίες σε μικρές συγκεντρώσεις, περισσότερο από την αύξηση υποκοτύλης και τη βλάστηση σπόρου (Chon et al., 2000, 2003). Οι μέτριες συγκεντρώσεις καθυστερούν τη βλάστηση, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μειώνουν το τελικό ποσοστό βλάστησης (Miller, 1996). Μια ανάλυση έδειξε ότι ένα εκχύλισμα ιστού φύλλων ξηρής μηδικής (4 g L^{-1}) δεν είχε επιπτώσεις στο τελικό ποσοστό βλάστησης αλλά αυξήθηκε ο χρόνος βλάστησης κατά 16%, παρουσιάστηκε μείωση του μήκους της υποκοτύλης κατά 16%, και μείωση του μήκους της ρίζας κατά 85% έναντι του μάρτυρα (Chon et al., 2003). Η παρεμπόδιση της αύξησης του μήκους ρίζας εξαιτίας αυτοτοξινών συνδέεται με κοντύτερα κύτταρα και διόγκωση της άκρης λόγω της συνεχούς πλευρικής επέκτασης των αγγειακών κυτταρικών στρωμάτων

και των φλοιών (Hedge και Miller, 1992 Chon et al., 2002). Η ανάπτυξη των ριζικών τριχιδίων μειώνεται επίσης (Hedge και Miller, 1992).

Η επανασπορά της μηδικής επηρεάζεται όταν οι αυτοτοξικές ουσίες διασπώνται, συνήθως μετά από ένα ή περισσότερα έτη. Οι Chon, Nelson και Coutts (2003) διεξήγαγαν βιολογικές αναλύσεις της βλάστησης σπόρου και της πρόωρης αύξησης σποροφύτων, σε δισκία petri με άγαρ, προκειμένου να αξιολογήσουν τις αυτοτοξικές αντιδράσεις 20 βλαστοπλασμάτων μηδικής σε υδατοδιαλυτά εκχυλίσματα ιστού φύλλων. Το μήκος ρίζας, 120 ώρες αφότου τοποθετήθηκε ο σπόρος στο άγαρ, ήταν πιο ευαίσθητο στην αυτοτοξίνη από ότι ήταν το μήκος της υποκοτύλης, η ταχύτητα βλάστησης, και το τελικό ποσοστό βλάστησης. Οι αναλύσεις παρουσίασαν ότι η αυτοτοξίνη είχε 7-17 φορές περισσότερη επίδραση στο μήκος της ρίζας από ότι στο μήκος της υποκοτύλης. Επίσης, φάνηκε να έχει μικρή επίδραση στο ποσοστό βλάστησης σε σχέση με αυτό του μήκους της ρίζας. Τα βλαστοπλάσματα στο μάρτυρα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά στο μήκος της ρίζας στις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων 1.0 g L^{-1} και 4.0 g L^{-1} . Από το πείραμα αυτό φάνηκε ότι το μήκος και η αύξηση της ρίζας ανταποκρίθηκαν περισσότερο στις συγκεντρώσεις της αυτοτοξίνης από ότι το μήκος της υποκοτύλης ή το τελικό ποσοστό βλάστησης.

4.4 Ζώνη αυτοτοξικής δράσης στο έδαφος

Οι Jennings και Nelson (1998) πραγματοποίησαν ένα εργαστηριακό πείραμα για να καθορίσουν πώς η σύσταση και οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζουν την έκφραση του φαινομένου της αυτοτοξικότητας και το χρονικό διάστημα που απαιτείται για επανασπορά μηδικών. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι εδάφους, αμμώδες και αργιλώδες και εκχυλίσματα από βλαστικά μέρη μηδικής. Μετά από 3 ημέρες μετρήθηκε το μήκος της ρίζας και το ποσοστό βλάστησης. Η αύξηση του μήκους της ρίζας μειώθηκε περισσότερο από ότι το ποσοστό βλάστησης και στα δύο είδη εδάφους. Οι αυτοτοξικές ουσίες φάνηκε να κινούνται γρηγορότερα στο αμμώδες από ότι στο αργιλώδες έδαφος. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ίδιες ποσότητες αυτοτοξικής ουσίας θα έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην αύξηση σποροφύτων μηδικής στο αμμώδες έδαφος από ότι στο αργιλώδες. Αντιθέτως,

το ίδιο ποσό βροχοπτώσεων θα διυλίζει τον αυτοτοξικό παράγοντα στο αμμώδες ενώ μόνο θα τον αραιώσει στο αργιλώδες. Συμπερασματικά, η σύσταση του εδάφους, το πορώδες, η άρδευση καθώς και το ποσό βροχόπτωσης μπορούν να επηρεάσουν το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την επιτυχή επανασπορά της μηδικής στον αγρό.

Υπάρχει μια γενική συμφωνία μεταξύ των μελετητών για την ύπαρξη του φαινομένου της αυτοτοξικότητας κατά την επανασπορά μηδικώνα (Jensen et al. 1981, Miller 1983). Εντούτοις, τα αποτελέσματα των μελετών δε συμβαδίζουν μεταξύ τους ως προς το ποιο πρέπει να είναι το μήκος του χρονικού διαστήματος που πρέπει να μεσολαβήσει για να επανασπαρεί ένας μηδικέωνας. Άλλοι αναφέρουν 2-3 εβδομάδες (Tesar 1993, Mueller-Warrant και Koch 1981), ενώ άλλοι τουλάχιστον 1 έτος (Klein και Miller, 1980). Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μεταξύ αυτών των μελετών έντονα προτείνουν ότι η επίδραση και η διάρκεια ζωής της αυτοτοξικότητας στον αγρό μπορεί να ποικίλουν με τη γεωγραφική θέση ή το περιβάλλον.

Οι Jennings και Nelson (2002) θέλησαν να καθορίσουν ποιο είναι το προτιμότερο χρονικό διάστημα για επανασπορά μηδικέωνας. Σε πειράματα αγρού συγκρίθηκε η πυκνότητα της φυτείας όταν τα διαστήματα της επανασποράς των σειρών ήταν 18 (μάρτυρας), 12, 6, 0.75, και 0.5 μήνες πριν από τη συνηθισμένη ημερομηνία σποράς. Η εφαρμογή εντομοκτόνου ή μυκητοκτόνου δεν είχε επιπτώσεις στην πυκνότητα σποράς ή τις αποδόσεις κατά τη διάρκεια του έτους σποράς ή δύο επόμενων ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πυκνότητα της σποράς για το χρονικό διάστημα των 0.75 και 0.5 μηνών κυμάνθηκε 12 και 19.2% χαμηλότερα από αυτή των 18 μηνών, και οι αποδόσεις των 6 και 0.5 μηνών 6.3 και 10.3% χαμηλότερα από αυτή του μάρτυρα. Η πυκνότητα σποράς και οι αποδόσεις σε ξηρό χόρτο διαβαθμίστηκαν ανάλογα με το χρονικό διάστημα επανασποράς από το έτος σποράς μέχρι και το τρίτο έτος, γεγονός που προϋποθέτει μια κατάσταση «αυτοσυντήρησης» κατά την επανασπορά που διατήρησε το επίπεδο των πληθυσμών. Για να μεγιστοποιήσει κανείς και την πυκνότητα της σποράς και την παραγωγή χόρτου, κρίνεται απαραίτητο να υπάρξει ένα χρονικό διάστημα αναμονής τουλάχιστον 12 μηνών πριν την

επανασπορά του μηδικεύνα. Η σύγκριση αυτών των αποτελεσμάτων με εκείνα διάφορων άλλων δημοσιευμένων μελετών παρουσιάζει συνεχείς ετήσιες μειώσεις παραγωγής 8 ως 52% εξαιτίας της αυτοτοξικότητας και της αυτοσυντήρησης. Εκτός από τη μειωμένη παραγωγή, η εμφάνιση χαμηλότερης πυκνότητας της φυτείας ως αποτέλεσμα της αυτοτοξικότητας μπορεί να ζημιώσει και οικονομικά μακροπρόθεσμα αυτόν τον τομέα παραγωγής.

Οι παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των πειραμάτων των Jennings και Nelson (2002) δείχνουν ότι η καλλιέργεια που επηρεάζεται έστω και ελαφρά από αυτοτοξικότητα κατά την εγκατάστασή της δεν καταφέρνει να ξεπεράσει εντελώς τις αρνητικές της επιδράσεις. Τα σπορόφυτα της μηδικής φαίνεται να «αυτοσυντηρούνται» σε τέτοια επίπεδα κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας έτσι ώστε η πυκνότητα της φυτείας και οι αποδόσεις να παραμένουν χαμηλότερες από τους μάρτυρες. Κατά συνέπεια, η αυτοσυντήρηση ορίζεται ως μια αλλαγή στη μορφολογία των φυτών λόγω των περιβαλλοντικών ή χημικών παραγόντων κατά την εγκατάσταση που τα αναγκάζει να διατηρούνται σε συγκεκριμένο επίπεδο πληθυσμών. Οι λόγοι για την ύπαρξη της αυτοσυντήρησης δεν είναι σαφείς, αλλά μπορεί να οφείλεται η επίδραση της αυτοτοξικότητας στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος της μηδικής, καθώς ο Chon και λοιποί (2000) ανέφερε ότι η αυτοτοξικότητα της μηδικής έχει περισσότερες επιπτώσεις στην αύξηση ρίζας παρά στη βλάστηση. Οι παρατηρήσεις στις ρίζες των φυτών δείχνουν ότι υπάρχει μια αλλαγή στη μορφολογία των διακλαδώσεων της ρίζας και των ριζικών τριχιδίων, πράγμα που μπορεί να αλλάζει και τη δυνατότητα επιβίωσης των φυτών και παραγωγής της καλλιέργειας.

Από μια πρακτική σκοπιά, ένα διάστημα αναμονής 6 μηνών για επανασπορά θα ήταν προτιμότερο από ένα διάστημα 12 μηνών για τους παραγωγούς επειδή θα επέτρεπε την ελάχιστη διακοπή στην παραγωγή (φθινόπωρο έως άνοιξη). Υπό αυτούς τους όρους, η πυκνότητα της σποράς στο χρονικό διάστημα των 6 μηνών ήταν σχεδόν ισοδύναμη με αυτήν του μάρτυρα, αλλά η παραγωγή ξηρού χόρτου ήταν χαμηλότερη από ότι στα χρονικά διαστήματα των 12 και 18 μηνών. Αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με αυτά των Mueller-Warrant και

Koch (1981) και Tesar (1993), που αναφέρουν καλή πυκνότητα σειρών και καλή παραγωγή χόρτου με σπορά την άνοιξη μετά από ένα διάστημα αναμονής 6 μηνών. Εντούτοις, αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με μια μελέτη 2 ετών (Cosgrove, 1996) όπου μηδική σπάρθηκε χωρίς να προηγηθεί όργωμα σε ένα παλαιότερο αγρό μηδικής μετά από 36 εβδομάδες. Η πυκνότητα σποράς ήταν 100-117% περισσότερη από αυτή του μάρτυρα, αλλά η παραγωγή έφτανε μόνο το 58-66% του ελέγχου. Αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν έντονα το συμπέρασμα ότι οι μηδικέωνες που πλήττονται από αυτοτοξικότητα, κατά τη διάρκεια της επανασποράς τους παρουσιάζουν μια κατάσταση αυτοσυντήρησης των αποδόσεων σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτά του μάρτυρα.

Η επανασπορά και πύκνωση σειρών μηδικής είναι σπάνια επιτυχής. Οι σειρές μηδικής μειώνονται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας την ανανέωση των σειρών απαραίτητη όταν η πυκνότητα της φυτείας γίνεται πάρα πολύ χαμηλή για την οικονομική παραγωγή. Οι γεωπόνοι σε πολλά κράτη συστήνουν μια αμειψισπορά 1 έτους από την μηδική για να αποφύγουν τα αρνητικά αποτελέσματα της αυτοτοξικότητας σε επανασπαρμένο αγρό (Miller, 1996). Οι Jennings και Nelson (2002) θέλησαν να προσδιορίσουν τη ζώνη δράσης των αυτοτοξικών ουσιών γύρω από τα υπάρχοντα φυτά στον αγρό. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε μηδικέωνα όπου ένα χρόνο μετά τη σπορά του, επιχειρήθηκε ανανέωση των σειρών 1 μέτρο γύρω από επιλεγμένα φυτά. Τα σπορόφυτα ήταν μικρότερα και η παραγωγή ανά φυτό μειώθηκε περισσότερο μέσα σε 25 εκατοστά γύρω από τα επιλεγμένα φυτά, υπονοώντας ότι υπήρχε και ανταγωνισμός εκτός από αυτοτοξικότητα. Υπολογίστηκε ότι η πυκνότητα των σποροφύτων και η παραγωγή ξηρού χόρτου κυμάνθηκε κατά μέσο όρο στο 70 και 44% του μάρτυρα, αντίστοιχα, μέσα σε 20 έως 25 εκατοστά από τα επιλεγμένα φυτά δοκιμής, μια περιοχή ισοδύναμη με μια πυκνότητα 8 φυτών ανά τετραγωνικό μέτρο. Η ζώνη της επιρροής γύρω από τα φυτά μηδικής περιλαμβάνει και τον ανταγωνισμό και την αυτοτοξικότητα και πρέπει να ληφθεί υπόψη σε περίπτωση επανασποράς. Η συμπλήρωση σειρών μηδικής με σκοπό να επεκταθεί η παραγωγική ζωή ενός μηδικέωνα θα ήταν μια επιθυμητή εναλλακτική λύση αντί της καταστροφής των παλαιών σειρών και της πλήρους

αποκατάστασης, αλλά είναι σπάνια επιτυχές. Έχει παρατηρηθεί ότι η θνησιμότητα σποροφύτων μηδικής είναι υψηλότερη όταν σπέρνεται μετά από μηδική, ακόμη και μετά από εφαρμογή μυκητοκτόνου, και αυτό αποδόθηκε στην αυτοτοξικότητα. Μελέτες δείχνουν ότι οι πυκνότητες φυτών μηδικής μειώνονται συνήθως σε περίπου 50 έως 60 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο μέχρι το τρίτο ή τέταρτο έτος μετά από την εγκατάσταση της καλλιέργειας ανεξάρτητα από την πυκνότητα των σειρών κατά το έτος σποράς (Nelson et al, 1998). Ο ανταγωνισμός ή/και αλληλοπαθητικές χημικές ουσίες που παράγονται από τα σπορόφυτα και τα νέα φυτά μπορούν να συμβάλουν στην μείωση των σειρών καθώς τα επιζώντα φυτά τείνουν να διασπείρονται στον αγρό ομοιόμορφα (Παράρτημα, Εικόνα 4). Η παραγωγή και η ελευθέρωση αυτοτοξικών χημικών ουσιών από τα φυτά μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη μιας ζώνης επιρροής μέσα στην οποία η εγκατάσταση και η αύξηση νέων φυτών μηδικής θα επηρεαζόταν και θα μειώνονταν. Παρατηρήσεις από προηγούμενες μελέτες αγρών υποστήριζαν ότι και τα ήδη εγκατεστημένα φυτά μπορούν να αναπτύξουν μια τέτοια ζώνη αυτοτοξικής επιρροής. Προσπάθειες πύκνωσης δύο παλαιών σειρών μηδικής, με πυκνότητες 23 και 26 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση αδύνατων σπορόφυτων που μαράθηκαν κατά τη διάρκεια του πρώτου καλοκαιριού (Jennings και Nelson, 1991). Οι σειρές των νέων σποροφύτων μηδικής ήταν ορατές με σαφή όρια στον αγρό. Εντούτοις, η πυκνότητα της φυτείας μειώθηκε αισθητά κοντά στις σειρές με ήδη εγκατεστημένα φυτά μηδικής, αφήνοντας μια γυμνή ζώνη μερικών εκατοστών γύρω από τα φυτά. Θα ήταν συμφέρον για τους παραγωγούς να είναι σε θέση να πυκνώσουν επιτυχώς ένα μηδικώνα για να διατηρήσουν την παραγωγικότητα και να επεκτείνουν την διάρκεια ζωής του. Ο καθορισμός της ζώνης αυτοτοξικής επιρροής γύρω από τα φυτά είναι σημαντικός προκειμένου να οριστεί ένα κατώτατο όριο πυκνότητας φυτείας κάτω από το οποίο είναι δυνατή η ανανέωση σειρών που φαίνεται να μειώνονται. Η επέκταση πλευρικά της αυτοτοξικής ζώνης κυμάνθηκε από 20 έως 25 εκατοστά γύρω από τα ήδη εγκατεστημένα φυτά μηδικής (Παράρτημα, Εικόνα 5). Συλλογικά, τα δεδομένα από αυτή τη μελέτη προτείνουν μια πυκνότητα σειρών μηδικής της τάξης των <8 φυτά/m² προτού να

μπορέσουν τα νέα σπορόφυτα να είναι παραγωγικά μέσα σε αυτήν την ακτίνα των 20cm από τα παρακείμενα φυτά. Με 8 φυτά/ m², η σειρά μπορεί να φανεί, οπτικά, επαρκής. Αλλά τα φυτά θα παράγουν μια μέση παραγωγή περίπου στο 44% του μάρτυρα, και η αρνητική επίπτωση στην παραγωγή θα συνεχιζόταν στο δεύτερο και στα επόμενα έτη (Jennings και Nelson, 2002). Δεδομένα ερευνών σχετικά με τη ζώνη επιρροής των ήδη ανεπτυγμένων φυτών μηδικής στην εγκατάσταση και αύξηση σποροφύτων τείνουν στο ότι οι προσπάθειες αναζωογόνησης αραιωμένων σειρών μηδικής πρέπει να αποφεύγονται σε πυκνότητες ≥ 8 φυτών/ m². Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με παλαιότερες εμπειρικές μετρήσεις. Αυτή η ποσοτική αξιολόγηση είναι σχετικά σύμφωνη με την εμπειρική πυκνότητα 10 φυτών ανά τετρ.μέτρο στο Νιού Χάμσαιρ (Mueller-Warrant και Koch 1981). Η σχέση πυκνότητας φυτών στον αγρό και παραγωγή ξηρού χόρτου και ο αριθμός ζωντανών και νεκρών φυτών τείνουν στο ότι τα παρατηρηθέντα αποτελέσματα οφείλονται τόσο στο φαινόμενο της αυτοτοξικότητας όσο και στον ανταγωνισμό, αν και ο σχετικός αντίκτυπος καθενός παράγοντα δεν θα μπορούσε να διαχωριστεί. Περαιτέρω μελέτες απαιτούνται για να διευκρινιστεί εάν κλιματολογικοί παράγοντες και οι διάφοροι εδαφολογικοί τύποι έχουν επιπτώσεις στη ζώνη επιρροής και είτε οι καλλιεργητικές τεχνικές όπως τα αυξανόμενα ποσοστά σποράς είτε η χρήση ποικιλιών ανεκτικές στην έκφραση της αυτοτοξικότητας μπορούν να αλλάξουν τη σχέση πυκνότητας για να βελτιώσουν την επιτυχία της επανασποράς των παλαιών μηδικέωνων.

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Γενικά

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο κατά το έτος 2005. Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη και επιβεβαίωση του φαινομένου της αυτοτοξικότητας σε δύο μηδικέωνες 2 και 4 ετών, η ικανότητα των αυτοτοξικών ουσιών να διυλιστούν και πιθανώς να διασπαστούν στο έδαφος καθώς και η ικανότητα της μηδικής να προκαλέσει αλληλοπάθεια σε μία άλλη καλλιέργεια, σε αυτήν την περίπτωση τη φακή.

5.2 Δείγμα εδάφους και προετοιμασία πριν τη σπορά

Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε συλλέχθηκε από δύο μηδικέωνες ηλικίας 2 και 4 ετών του νομού Κιλκίς. Επιλέχθηκαν πολλές θέσεις σε κάθε μηδικέωνα όπου τα φυτά ήταν αραιωμένα και συλλέχθηκε χώμα περιμετρικά των φυτών σε δύο αποστάσεις, στα 10 και 20 cm και σε βάθος 20 cm. Ως μάρτυρας επιλέχθηκε γειτονικό έδαφος στο οποίο δεν είχε καλλιεργηθεί μηδική τα τελευταία 4 χρόνια. Τα δείγματα αυτά μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Ζιζανιολογίας και εκεί έγινε η απαραίτητη προετοιμασία πριν να χρησιμοποιηθούν στα πειράματα. Το χώμα καθαρίστηκε από ξένα σώματα και ψιλοχωματίστηκε για να μην υπάρχουν μεγάλοι σβώλοι εδάφους που μπορεί να παρεμπόδιζαν τη βλάστηση και ανάπτυξη των σπόρων.

Ένα μέρος του δείγματος εδάφους από το μηδικέωνα 4 ετών υπέστη διήθηση με αποσταγμένο νερό. Χρησιμοποιήθηκαν 450 g εδάφους τα οποία υπέστησαν διήθηση έως ότου συμπληρώθηκαν 30 mL διηθήματος. Στη συνέχεια, έγινε ομοιόμορφη κατανομή του διηθήματος σε δείγμα εδάφους της περιοχής (μάρτυρας). Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για το δείγμα εδάφους από μηδικέωνα 2 ετών σε απόσταση 10 cm από τα φυτά και σε απόσταση 20 cm από τα φυτά και για μηδικέωνα 4 ετών στις ίδιες αποστάσεις.

5.3 Πειράματα

5.3.1 Πείραμα φυτών μηδικής σε συνθήκες περιβάλλοντος

Έγινε τοποθέτηση του εδάφους σε φυτοδοχεία των 450 g και στη συνέχεια σπορά με 20 σπόρους μηδικής σε κάθε γλαστράκι σε βάθος 0.5 cm. Έτσι, υπήρχαν προς μελέτη οι παρακάτω μεταχειρίσεις με 3 επαναλήψεις η κάθε μία:

1. Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών: 10 cm
2. Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών: 20 cm
3. **Μάρτυρας** (Χρησιμοποιήθηκε έδαφος όπου δεν είχε καλλιεργηθεί μηδική)
4. Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών: 10 cm
5. Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών: 20 cm
6. **Μάρτυρας** (Χρησιμοποιήθηκε έδαφος όπου δεν είχε καλλιεργηθεί μηδική)
7. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 2 ετών: 10 cm
8. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 2 ετών: 20 cm
9. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 4 ετών: 10 cm
10. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 4 ετών: 20 cm
11. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα: **Μάρτυρας**

Τα γλαστράκια αφού ποτίστηκαν με 100 mL νερό το καθένα (εκτός από αυτά που περιείχαν έδαφος που είχε εμποτιστεί με διάλυμα διήθησης που ποτίστηκαν με 70 mL νερό) τοποθετήθηκαν σε υπαίθριο χώρο όπου και αναπτύχθηκαν τα φυτά σε συνθήκες περιβάλλοντος.

Μετρήθηκε το ποσοστό φυτρώματος σε διάστημα 3 και 7 ημερών και μετά τα φυτά αραιώθηκαν στον αριθμό των 10 φυτών ανά γλαστράκι. Τότε έγινε και εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος σε κάθε επανάληψη προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση καχεκτικών φυτών λόγω μη σωστής ανάπτυξής τους.

Στη συνέχεια, έγιναν διαδοχικές καταγραφές κάθε 14 ημέρες περίπου του αριθμού των φυτών σε κάθε γλαστράκι σε συνολικό διάστημα 2 μηνών. Τα εναπομείναντα φυτά από κάθε γλαστράκι κόπηκαν και μετρήθηκε το χλωρό τους βάρος. Μετά τοποθετήθηκαν σε κλίβανο για 48 ώρες και μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος.

5.3.2 Πείραμα φυτών μηδικής και φακής σε θερμοκήπιο

Στο δεύτερο πείραμα μελετήθηκε πάλι η αυτοαλληλοπάθεια της μηδικής και τυχόν αλληλοπάθειά της στη φακή.

Για τις μεταχειρίσεις με σπόρους μηδικής ακολουθήθηκε η ίδια πορεία με το πρώτο πείραμα και υπήρχαν οι παρακάτω επεμβάσεις με 4 επαναλήψεις αυτή τη φορά η κάθε μία:

1. Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών: 10 cm
2. Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών: 20 cm
3. Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών: 10 cm
4. Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών: 20 cm
5. **Μάρτυρας** (Χρησιμοποιήθηκε δείγμα εδάφους όπου δεν είχε μηδική)
6. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 2 ετών: 10 cm
7. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα 4 ετών: 10 cm
8. **Διήθημα** εδάφους από μηδικώνα: **Μάρτυρας**

Πραγματοποιήθηκε σπορά με 20 σπόρους ανά επανάληψη σε βάθος 0.5 cm και τα φυτοδοχεία τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο. Ακολούθησαν δύο καταγραφές σπόρων που φύτρωσαν σε 3 και 7 ημέρες. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε αραίωση των φυτών με 10 σπόρους ανά επανάληψη και εφαρμογή θρεπτικής διάλυσης. Ακολούθησαν 3 καταγραφές των φυτών στα γλαστράκια ανά 14 ημέρες περίπου, μετά τα εναπομείναντα φυτά κόπηκαν μετρήθηκε το χλωρό τους βάρος και μετά από τοποθέτησή τους σε κλίβανο για 48 h μετρήθηκε και το ξηρό τους βάρος.

Για τις μεταχειρίσεις με σπόρους φακής ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία προετοιμασίας του δείγματος και υπήρχαν οι παρακάτω επεμβάσεις με 4 επαναλήψεις η κάθε μία:

1. Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών: 10 cm
2. Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών: 10 cm
3. **Μάρτυρας** (Χρησιμοποιήθηκε δείγμα εδάφους όπου δεν είχε μηδική)

Η σπορά πραγματοποιήθηκε με 15 σπόρους φακής ανά επανάληψη και μετά από 2 καταγραφές ποσοστού φυτρώματος την 3^η και την 7^η ημέρα έγινε αραίωση

τους σε 10 φυτά ανά επανάληψη και εφαρμογή θρεπτικής διάλυσης, όπως και στο πρώτο πείραμα.

Όπως και στην περίπτωση των μεταχειρίσεων με φυτά μηδικής, έγιναν 3 καταγραφές των φυτών στα γλαστράκια ανά 14 ημέρες περίπου και μετά έγινε κοπή των φυτών, μέτρηση του χλωρού τους βάρους και μετά από 48 h σε κλίβανο μέτρηση και του ξηρού βάρους.

Και στα δύο πειράματα, η εφαρμογή της θρεπτικής διάλυσης γινόταν ανά 10 ημέρες αντί του ποτίσματος και η σύσταση του ήταν η ίδια που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα σε συνθήκες περιβάλλοντος.

5.4 Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων του πειράματος πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου MSTAT και αφορούσε την ανάλυση παραλλακτικότητας για την τυχόν στατιστική σημαντικότητα της διαφοράς του μετρούμενου ποσοστού βλάστησης των σπόρων, του αριθμού φυτών και του χλωρού-ξηρού βάρους των φυτών. Εκεί που οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικώς σημαντικές, έγινε σύγκριση μέσω των όρων με τη μέθοδο Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Τέλος, υπολογίστηκε και ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Πείραμα φυτών μηδικής σε συνθήκες περιβάλλοντος

6.1.1 Βλαστικότητα σπόρων μηδικής

Τα αποτελέσματα από τις παρατηρήσεις του ποσοστού βλάστησης των σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικώνα και με την απόσταση περιμετρικά από τα προϋπάρχοντα φυτά δίνονται στο **Σχήμα 1**.

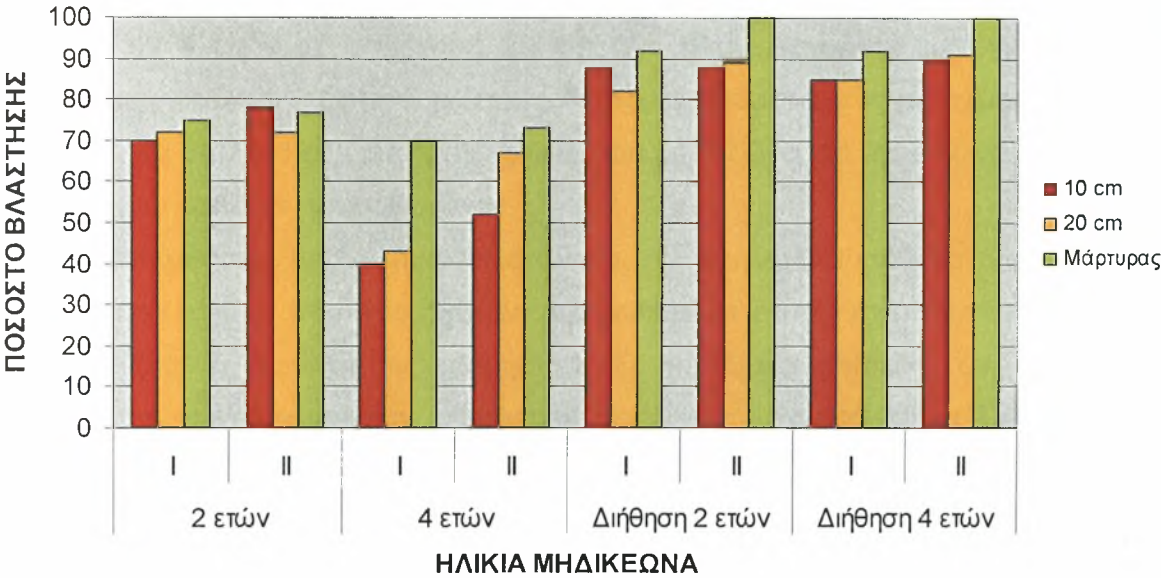
Από τα αποτελέσματα (Παράρτημα, **Πίνακας 1**), φαίνεται ότι το μικρότερο ποσοστό βλάστησης εμφανίζεται στην επέμβαση με δείγμα εδάφους από μηδικώνα 4 ετών σε απόσταση γύρω από τα προϋπάρχοντα φυτά 10 cm (40%). Τα μεγαλύτερα ποσοστά βλάστησης (92-100%) εμφανίζονται στις μεταχειρίσεις που περιέχουν δείγμα εδάφους από μηδικώνα 2 και 4 ετών με διάλυμα διηθήματος.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η επίδραση της ηλικίας του μηδικώνα και η απόσταση των νέων φυτών από τα προϋπάρχοντα ήταν σημαντική σε επίπεδο 5%.

Οι επεμβάσεις με δείγμα εδάφους το οποίο είχε προηγουμένως εμποτιστεί με διάλυμα διήθησης είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης σπόρων, με τη μεταχείριση διήθημα εδάφους από μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση 20 cm από τα προϋπάρχοντα φυτά να έχει 89% ποσοστό βλάστησης και τη μεταχείριση διήθημα εδάφους από μηδικώνα 4 ετών σε απόσταση 20 cm ποσοστό 91%. Οι μετρήσεις σε εδάφη από μηδικώνα 2 ετών είχαν εμφανώς μεγαλύτερες τιμές βλάστησης από αυτές σε εδάφη από μηδικώνα 4 ετών, ανεξάρτητα από την απόσταση των 10 και 20 cm. Το μικρότερο ποσοστό βλάστησης το παρουσίασαν οι μετρήσεις σε εδάφη από μηδικώνα 4 ετών και στις δύο αποστάσεις από τα φυτά με 52% στην απόσταση των 10 cm και 67% στην απόσταση των 20 cm. Οι επεμβάσεις του μάρτυρα στις μεταχειρίσεις των διηθήσεων 2 και 4 ετών εμφάνισαν τελικό ποσοστό βλάστησης 100%. Οι επεμβάσεις 2 ετών -10 cm είχαν

μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης (70, 78%) από ότι εκείνες των 2 ετών – 20 cm (72%).

Επίδραση διηθήματος εδάφους από μηδικώνα στη βλάστηση της μηδικής αναφέρεται και από τους Chung και Miller (1995c). Περιορισμένη βλάστηση της μηδικής σε έδαφος με καλλιέργεια μηδικής για αρκετά έτη αναφέρεται και από τους Jennings και Nelson (2002).



I: καταγραφή 3 ημέρες μετά τη σπορά

II: καταγραφή 7 ημέρες μετά τη σπορά

Σχήμα 1. Ποσοστό βλάστησης σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικώνα και την απόσταση δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

6.1.2 Επιβίωση φυτών μηδικής

Στον **Πίνακα 2** δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ένα μήνα μετά από τη στιγμή της αραίωσης των φυτών σε 10 φυτά ανά γλαστράκι και στη συνέχεια ανά 15 ημέρες, έως ότου έγινε η κοπή τους και μετρήθηκε το χλωρό τους βάρος περίπου δύο μήνες μετά το φύτευμα. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα φυτά που επιλέχθηκαν κατά την αραίωση ήταν αυτά που παρουσίαζαν την καλύτερη και συγκριτικά ομαλότερη αύξηση και ανάπτυξη.

Από τον **Πίνακα 2** (Παράρτημα, **Σχήμα 2**) διαπιστώνεται πάλι, όπως στο ποσοστό βλάστησης, ότι οι επεμβάσεις φυτών που επέζησαν με τα χαμηλότερα ποσοστά ήταν αυτές των 4 ετών σε 10 cm απόσταση και ακόμη χαμηλότερα σε αυτές των 4 ετών σε απόσταση 20 cm που είχαν εμποτιστεί με διήθημα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις και ότι χρονικά υπάρχει επίδραση της ηλικίας του μηδικώνα και της απόστασης των νέων φυτών από τα προϋπάρχοντα.

Οι επεμβάσεις που κινήθηκαν σταθερά στα υψηλότερα επίπεδα ήταν αυτές σε δείγμα εδάφους που προερχόταν από μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση 10 και 20 cm (70 % σε όλες τις μετρήσεις). Σε παρόμοια επίπεδα, αν και λίγο χαμηλότερα κινήθηκαν και οι επεμβάσεις σε έδαφος από μηδικώνα 2 ετών στις αποστάσεις 10 (67, 63, 60, 60 %) και 20 (67, 63, 60, 63 %) cm που περιείχαν δείγμα εδάφους που είχε εμποτιστεί με διήθημα. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στην τελευταία μέτρηση των επεμβάσεων από μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση 20 cm το ποσοστό των φυτών στις επαναλήψεις αυξήθηκε, πράγμα που σημαίνει ότι υπήρξε καθυστερημένη βλάστηση.

Τα μεγαλύτερα ποσοστά απωλειών παρατηρήθηκαν στις επεμβάσεις 4 ετών σε απόσταση 10 (33, 23, 17, 17 %) και 20 (67, 50, 50, 50 %) cm με διήθημα. Σε σταθερά χαμηλά επίπεδα κινήθηκαν και οι μεταχειρίσεις από μηδικώνα 4 ετών σε απόσταση 10 και 20 cm, οι πρώτες με ποσοστό 47 % σε όλες τις μετρήσεις και οι δεύτερες με ποσοστά 63 % στις πρώτες δύο μετρήσεις και 60 % στις υπόλοιπες (**Πίνακας 2**).

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Jennings και Nelson (2002), όπως αναφέρεται και στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.

Πίνακας 2. Ποσοστά φυτών ανά επέμβαση και ανά μέτρηση, I έως IV, με την πρώτη ένα μήνα από τη στιγμή της αραίωσης και την τέταρτη 82 μέρες από τη σπορά.

Ηλικία Απόσταση	2 ετών				4 ετών				Διήθηση 2 ετών				Διήθηση 4 ετών			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
10 cm	70	70	70	70	47	47	47	47	67	63	60	60	33	23	17	17
20 cm	70	70	70	70	63	63	60	60	67	63	60	63	67	50	50	50
Μάρτυρας	90	97	100	97	93	93	93	93	90	87	87	87	90	87	87	87
LSD _{0.05}	12	11	13	11	23	23	24	24	17	13	12	12	25	25	26	26

- I: πρώτη μέτρηση (37 ημέρες από τη σπορά)
- II: δεύτερη μέτρηση (15 ημέρες μετά την πρώτη)
- III: τρίτη μέτρηση (15 ημέρες μετά)
- IV: τέταρτη μέτρηση (15 ημέρες μετά)

6.1.3 Χλωρό και ξηρό βάρος φυτών μηδικής

Στο **Σχήμα 3** (Παράρτημα, **Πίνακας 3**) δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων χλωρού και ξηρού βάρους των εναπομεινάντων φυτών στα γλαστράκια μετά την τελευταία μέτρηση και κοπή τους. Οι μετρήσεις ξηρού βάρους πραγματοποιήθηκαν μετά από τοποθέτηση των φυτών σε κλίβανο για 48 h.

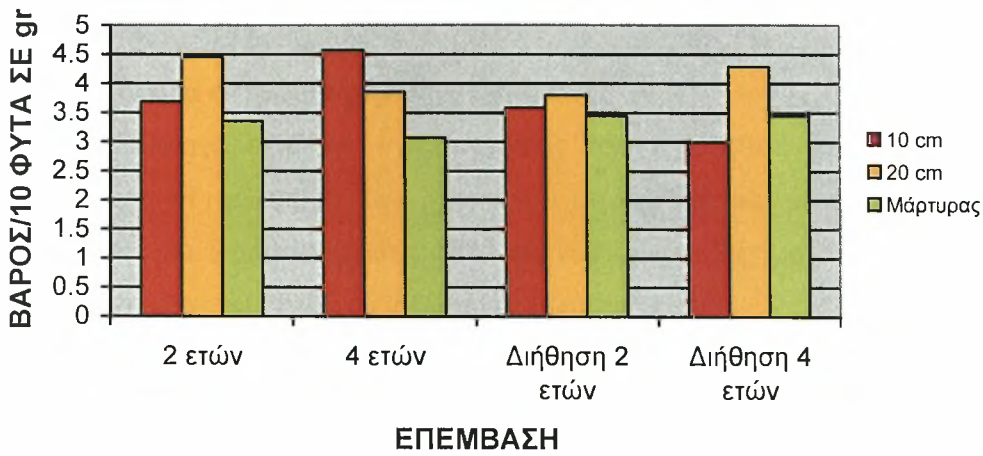
Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5 % και υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα. Στο **Σχήμα 3** απεικονίζονται διαγραμματικά οι μετρήσεις χλωρού βάρους των φυτών και διαπιστώνεται ότι οι Μάρτυρες είναι οι επεμβάσεις με το χαμηλότερο βάρος συγκριτικά με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Οι μετρήσεις χλωρού βάρους των επεμβάσεων με δείγμα εδάφους από μηδικώνα 4 ετών σε απόσταση 10 cm είχαν το μεγαλύτερο βάρος (4,573 g) και ακολούθησαν οι μετρήσεις από τις επεμβάσεις με δείγμα 2 ετών σε απόσταση 20 cm (4,465 g).

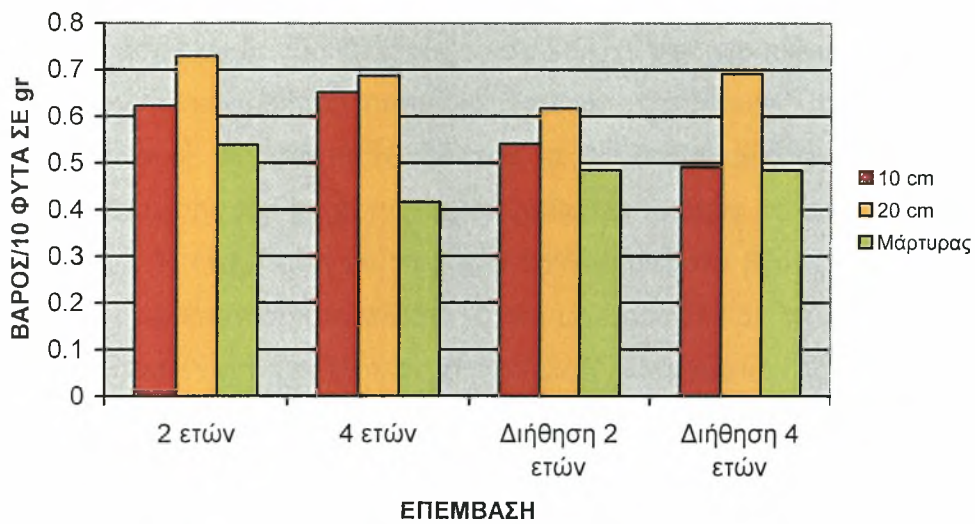
Οι μετρήσεις των επεμβάσεων 2 ετών, Διήθημα 2 ετών, Διήθημα 4 ετών είχαν χαμηλότερο χλωρό βάρος στην απόσταση των 10 cm από ότι στην απόσταση των 20 cm, εκτός από την επέμβαση των 4 ετών όπου οι μεταχειρίσεις της απόστασης 20 cm είχαν χαμηλότερο χλωρό βάρος (3,863 g) από ότι αυτές της απόστασης 10 cm (4,573 g).

Στο **Σχήμα 4** απεικονίζονται διαγραμματικά οι μετρήσεις ξηρού βάρους των φυτών. Παρατηρείται ότι οι μεταχειρίσεις που έχουν το μεγαλύτερο βάρος είναι αυτές των 20 cm ανεξάρτητα σε ποια επέμβαση βρίσκονται. Ακολουθούν αυτές των 10 cm και τέλος οι Μάρτυρες.

Οι Μάρτυρες όπως και στη μέτρηση χλωρού βάρους έχουν το χαμηλότερο βάρος (0.485, 0.416, 0.485, 0.539 g). Οι μετρήσεις των επεμβάσεων στις μεταχειρίσεις των 20 cm κινήθηκαν όλες σχεδόν στα ίδια υψηλά επίπεδα (0.729, 0.691, 0.617 ή 0.687 g). Τέλος, οι μετρήσεις των 2 ετών στην απόσταση των 10 cm είχαν χαμηλότερο βάρος από αυτές των 4 ετών ($0.622 < 0.652$), ενώ δε συνέβη το ίδιο και για τις επεμβάσεις των διηθημάτων ($0.491 < 0.541$).



Σχήμα 3. Χλωρό βάρος (10 φυτά) σε σχέση με την ηλικία και την απόσταση του δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.



Σχήμα 4. Ξηρό βάρος (10 φυτά) σε σχέση με την ηλικία και την απόσταση του δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

6.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΦΥΤΩΝ ΜΗΔΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΑΚΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

6.2.1 Βλαστικότητα σπόρων μηδικής και φακής

Τα αποτελέσματα από τις παρατηρήσεις του ποσοστού βλάστησης των σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικώνα και με την απόσταση περιμετρικά από τα προϋπάρχοντα φυτά φαίνονται στο **Σχήμα 5**. Η βλάστηση των φυτών πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες θερμοκηπίου.

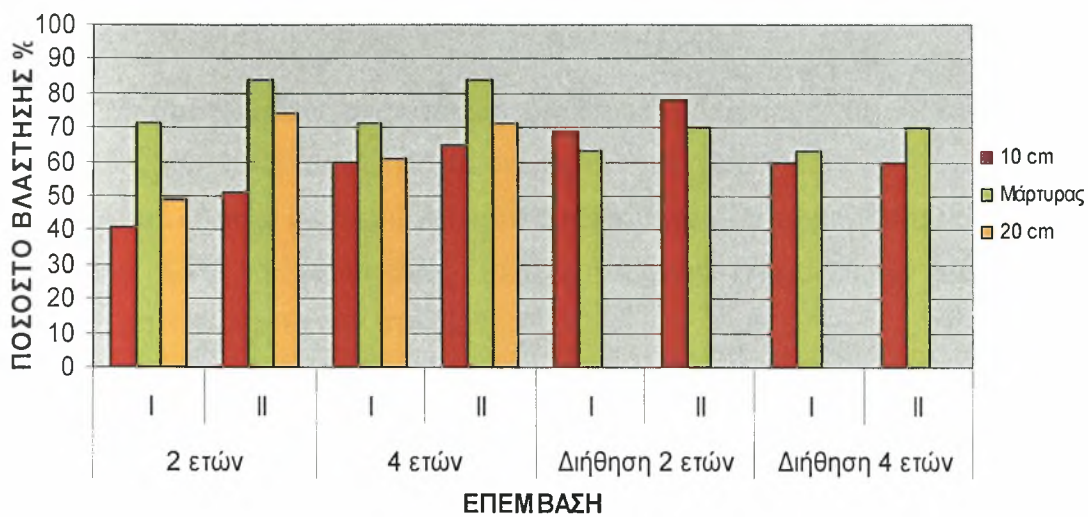
Από τα αποτελέσματα (Παράρτημα, **Πίνακας 4**), φαίνεται ότι το μικρότερο ποσοστό βλάστησης εμφανίζεται στην επέμβαση δείγμα εδάφους από μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση γύρω από τα προϋπάρχοντα φυτά 20 cm. Τα μεγαλύτερα ποσοστά βλάστησης εμφανίζονται στις μεταχειρίσεις που περιέχουν δείγμα εδάφους από μηδικώνα 2 ετών με διήθημα.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η επίδραση της ηλικίας του μηδικώνα και η απόσταση των νέων φυτών από τα προϋπάρχοντα ήταν σημαντική σε επίπεδο 5%.

Οι επεμβάσεις με δείγμα εδάφους το οποίο είχε προηγουμένως εμποτιστεί με διήθημα είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης σπόρων, με τη μεταχείριση διήθημα 2 ετών σε απόσταση 10 cm από τα προϋπάρχοντα φυτά να έχει 78% ποσοστό βλάστησης και τη μεταχείριση διήθησης 4 ετών σε απόσταση 10 cm ποσοστό 60%. Η επέμβαση με το χαμηλότερο ποσοστό βλάστησης ήταν αυτή του μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση 10 cm με ποσοστό 51 %. Οι μάρτυρες σε αυτό το πείραμα έχουν μεγαλύτερα ή σχεδόν ίδια ποσοστά βλάστησης από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, με εξαίρεση μόνο την επέμβαση της διήθησης 2 ετών.

Οι επεμβάσεις σε δείγμα εδάφους από απόσταση 20 cm είχαν χαμηλότερα ποσοστά βλάστησης από τους μάρτυρες και σχεδόν ίδια ή υψηλότερα από αυτές με δείγμα απόστασης 10 cm.

Τα αποτελέσματα του πειράματος είναι παρόμοια με εκείνα όπου το πείραμα ήταν σε ανοιχτό χώρο, σε κανονικό περιβάλλον.



I: καταγραφή 3 ημέρες μετά τη σπορά

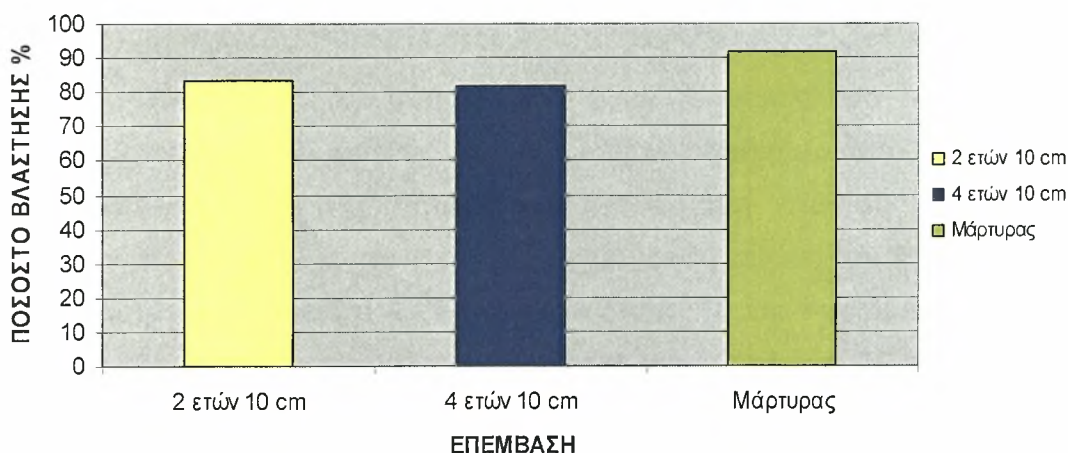
II: καταγραφή 7 ημέρες μετά τη σπορά

Σχήμα 5. Ποσοστό βλάστησης σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικεώνα και την απόσταση του δείγματος εδάφους από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

Οι επεμβάσεις με σπόρους φακής κατά την πρώτη καταγραφή 3 ημέρες μετά τη σπορά δεν είχαν παρουσιάσει βλάστηση. Γι' αυτό στον **Πίνακα 5** (Παράρτημα) παρατίθενται οι μετρήσεις της δεύτερης καταγραφής μόνο, 7 ημέρες μετά τη σπορά.

Δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, αφού και οι τρεις επεμβάσεις κινήθηκαν σε υψηλά και παρόμοια επίπεδα.

Από το **Σχήμα 6** διαπιστώνεται ότι ο Μάρτυρας έχει το μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης 92 % και ακολουθεί η επέμβαση του μηδικώνα 2 ετών στο 83 % με αυτή του μηδικώνα 4 ετών στο 82 %.



Σχήμα 6. Ποσοστά βλάστησης σπόρων φακής ανά επέμβαση.

6.2.2 Επιβίωση φυτών μηδικής και φακής

Στον **Πίνακα 6** δίνονται τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων των φυτών με σπόρους μηδικής. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 14 ημέρες μετά τη σπορά και 7 ημέρες μετά από τη στιγμή της αραίωσης των φυτών σε 10 φυτά ανά γλαστράκι και ανά 15 ημέρες, έως ότου έγινε η κοπή τους και μετρήθηκε το χλωρό τους βάρος. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα φυτά που επιλέχθηκαν κατά την αραίωση ήταν αυτά που παρουσίαζαν την καλύτερη και συγκριτικά ομαλότερη αύξηση και ανάπτυξη.

Από τον **Πίνακα 6** και το **Σχήμα 7** (Παράρτημα) διαπιστώνεται ότι οι επεμβάσεις με το χαμηλότερο ποσοστό φυτών σταθερά ήταν αυτές του μηδικώνα 2 ετών σε απόσταση 10 cm (60 % όλες οι καταγραφές), καθώς και αυτές του μηδικώνα 4 ετών με διάλυμα διήθησης (68, 63, 58 %).

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5 % και ότι κατά συνέπεια η ηλικία του μηδικώνα καθώς και η απόσταση από τα προϋπάρχοντα φυτά παίζει μεγάλο ρόλο στην αύξηση και ανάπτυξη νέων φυτών.

Οι δύο μάρτυρες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν τα μεγαλύτερα ποσοστά φυτών πλησιάζοντας το 90 % κατά τις παρατηρήσεις με αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ο μάρτυρας της διήθησης παρουσίασε μία αύξηση κατά τη δεύτερη καταγραφή από 83 στο 90 % και κατά την τρίτη καταγραφή μείωση στο 85 %.

Η επέμβαση του μηδικώνα 4 ετών σε απόσταση 10 cm παρουσίασε μια μεταβολή από 83 % κατά την πρώτη καταγραφή στο τελικό ποσοστό 70 %.

Οι επεμβάσεις των 2 και 4 ετών στην απόσταση των 20 cm κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα, 85 και 80 % αντίστοιχα, με μία ελαφρά μείωση κατά τις καταγραφές στην επέμβαση των 2 ετών.

Η επέμβαση των 2 ετών με διήθημα ήταν η μόνη η οποία παρουσίασε αύξηση από τη δεύτερη στην τρίτη καταγραφή από το 80 στο 83 %.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η αυτοτοξικότητα μπορεί να προκαλέσει εκτός από εξασθένηση των φυτών, ακόμη και καθυστερημένη βλάστηση (Σχήμα 2), γεγονός που ενισχύεται και από τη βιβλιογραφία (Chon 2000, 2003).

Πίνακας 6. Ποσοστά φυτών ανά επέμβαση και ανά μέτρηση, I έως III, με την 21 ημέρες μετά τη σπορά και την τρίτη 51 μέρες από τη σπορά.

Ηλικία Απόσταση	2 ετών			4 ετών			Διήθηση 2 ετών			Διήθηση 4 ετών		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
10 cm	60	60	60	83	75	70	93	80	83	68	63	58
20 cm	95	88	85	85	80	80	-	-	-	-	-	-
Μάρτυρας	95	88	90	95	88	90	83	90	85	83	90	85
LSD _{0.05}	15	17	18	14	14	13	14	13	16	15	17	18

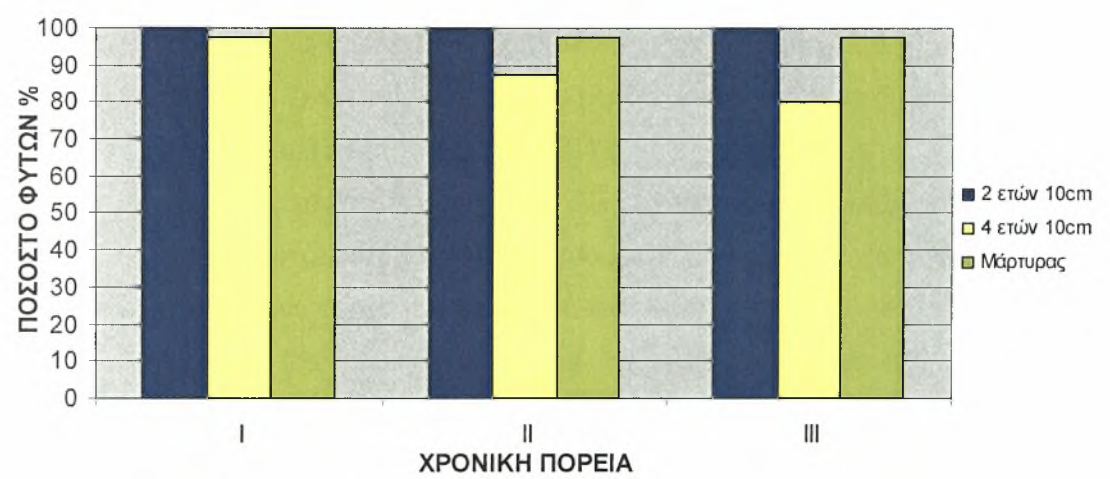
I: 1^η καταγραφή φυτών (14 ημέρες μετά τη σπορά και 7 ημέρες μετά την αραιώση)

II: 2^η καταγραφή (15 ημέρες μετά την πρώτη)

III: 3^η καταγραφή (15 ημέρες μετά τη δεύτερη)

Στον Πίνακα 7 (Παράρτημα) δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των φυτών φακής. Δε διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Από το Σχήμα 8 διαπιστώνεται ότι η επέμβαση των 2 ετών κινήθηκε σταθερά στο 100 % χωρίς απώλειες φυτών, ενώ η επέμβαση των 4 ετών παρουσίασε μία μείωση του 10 % από την πρώτη στη δεύτερη καταγραφή από το 98 στο 88 % για να καταλήξει στο τελικό ποσοστό του 80 %. Ο Μάρτυρας είχε μία ελαφρά μείωση από το 100 στο 98 % και παρέμεινε σε αυτό το ποσοστό.



I: 1^η καταγραφή φυτών (14 ημέρες μετά τη σπορά και 7 ημέρες μετά την αραίωση)
II: 2^η καταγραφή (15 ημέρες μετά την πρώτη)
III: 3^η καταγραφή (15 ημέρες μετά τη δεύτερη)

Σχήμα 8. Ποσοστό φυτών φακής που επέζησαν σε εδάφη μηδικιώννα σε κάθε μέτρηση (I-III).

6.2.3 Χλωρό και ξηρό βάρος φυτών μηδικής και φακής

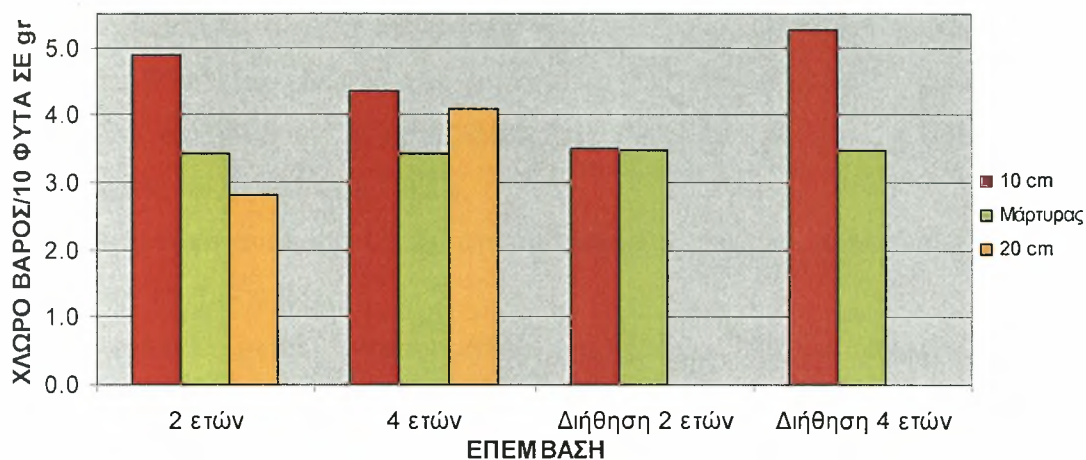
Στον **Πίνακα 8** (Παράρτημα) δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων χλωρού και ξηρού βάρους των εναπομεινάντων φυτών στα γλαστράκια μετά την τελευταία μέτρηση και κοπή τους. Οι μετρήσεις ξηρού βάρους πραγματοποιήθηκαν μετά από τοποθέτηση των φυτών σε κλίβανο για 48 h.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5 % και υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα. Στο **Σχήμα 9** απεικονίζονται διαγραμματικά οι μετρήσεις χλωρού βάρους των φυτών και διαπιστώνεται ότι οι Μάρτυρες έχουν σταθερό βάρος για όλες τις επεμβάσεις (3.43-3.48 g).

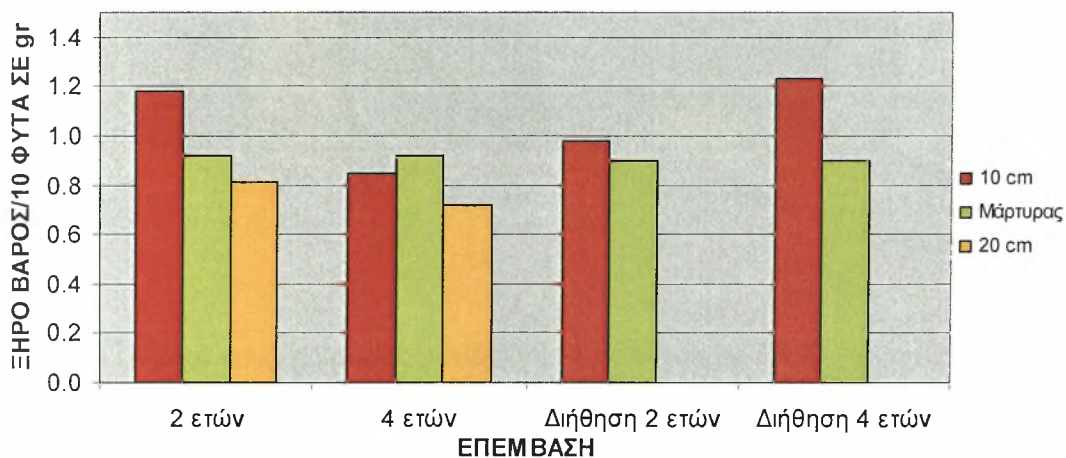
Το βάρος των επεμβάσεων στην απόσταση των 10 cm ήταν αυτό που υπερείχε σημαντικά των υπολοίπων, με μεγαλύτερο αυτό των 4 ετών με διήθημα στα 5.27 g και μετά να ακολουθεί η επέμβαση των 2 ετών (4.89 g), η επέμβαση των 4 ετών στα 4.37 g και τέλος αυτή του μηδικώνα 2 ετών με διήθημα που είχε βάρος περίπου ίσο με το Μάρτυρα στα 3.51 g.

Οι επεμβάσεις στην απόσταση των 20 cm για τον μηδικώνα των 2 ετών ήταν χαμηλότερες από αυτές του Μάρτυρα στα 2.81 g, ενώ για τον μηδικώνα των 4 ετών ήταν υψηλότερες του Μάρτυρα στα 4.09 g.

Στο **Σχήμα 10** διαπιστώνεται εύκολα ότι οι αναλογίες μεταξύ χλωρού και ξηρού βάρους διατηρήθηκαν. Μόνη εξαίρεση αποτελεί η επέμβαση του μηδικώνα 4 ετών όπου υπήρξε μεγάλη απώλεια στο χλωρό βάρος της απόστασης των 20 cm με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερο ξηρό βάρος από το Μάρτυρα (0.72 g < 0.92 g).



Σχήμα 9. Χλωρό βάρος φυτών μηδικής (10 φυτά) σε σχέση με την ηλικία του μηδικεώνα και την απόσταση δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

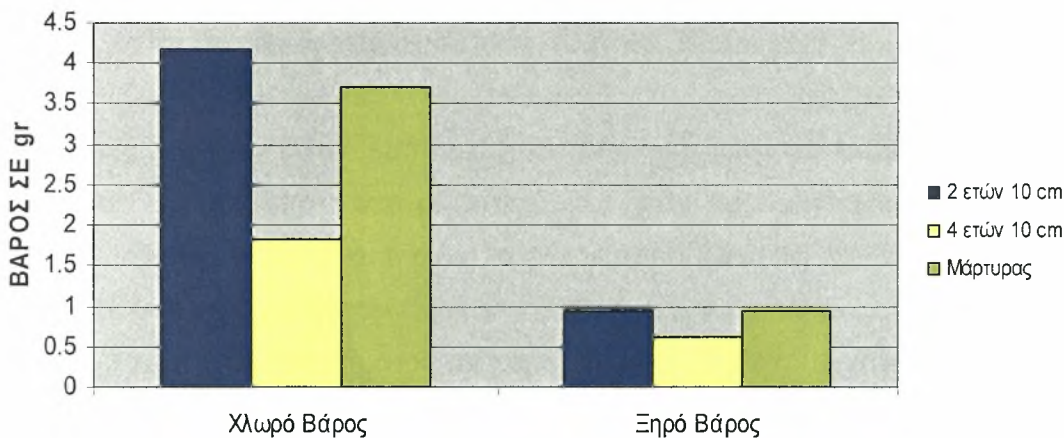


Σχήμα 10. Ξηρό βάρος φυτών μηδικής (10 φυτά) σε σχέση με την ηλικία του μηδικεώνα και την απόσταση δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

Στον **Πίνακα 9** (Παράρτημα) δίνονται συνοπτικά οι μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους για τα φυτά της φακής. Από το **Σχήμα 11** διαπιστώνεται εύκολα ότι οι επεμβάσεις με έδαφος από μηδικώνα 2 ετών υπερτερούν των άλλων με 4.18 g και ακολουθούν οι επεμβάσεις του Μάρτυρα με 3.71 g και τέλος οι μεταχειρίσεις των 4 ετών με 1.82 g.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Οι αναλογίες μεταξύ χλωρού και ξηρού βάρους διατηρήθηκαν και σε αυτήν την περίπτωση, όπως φαίνεται από το **Σχήμα 11**.



Σχήμα 11. Χλωρό και ξηρό βάρος φυτών φακής σε σχέση με την ηλικία του μηδικώνα και την απόσταση δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός του πειράματος αυτού ήταν να διαπιστωθεί καταρχήν η ύπαρξη αυτοτοξικότητας της μηδικής σε έδαφος από μηδικώνα ηλικίας 2 και 4 ετών. Σε δεύτερο επίπεδο, εξετάστηκε η αντίδραση και η αύξηση της μηδικής σε διαφορετικές συνθήκες, όπως ήταν αυτές του θερμοκηπίου καθώς και η ικανότητα της μηδικής να προκαλεί αλληλοπάθεια σε άλλες καλλιέργειες και για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκε η φακή.

Από τα αποτελέσματα του πειράματος βγήκε το συμπέρασμα ότι η μηδική ήταν αυτοτοξική και μάλιστα πολύ περισσότερο όταν επανασπείρεται σε αγρό όπου η μονοκαλλιέργεια της μηδικής συνεχίζεται για πολλά έτη. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η αυτοτοξικότητα ήταν περισσότερο έντονη όταν τα νέα φυτά αναπτύσσονται σε έδαφος σε απόσταση 10 ή και 20 cm από τα εγκατεστημένα φυτά.

Στα εδάφη που είχαν εμποτιστεί με διήθημα χρησιμοποιήθηκαν για να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο οι αυτοτοξίνες (που παράγονται από τα φυτικά μέρη της μηδικής, όπως είναι η ρίζα, τα φύλλα και ο βλαστός, και διυλίζονται στο έδαφος) είναι ικανές να επηρεάσουν την αύξηση και ανάπτυξη νέων φυτών. Από τα αποτελέσματα του πειράματος αν και φάνηκε να υπάρχουν κάποιες ενδείξεις σε σχέση με τον μάρτυρα και τις επεμβάσεις μεταξύ τους, η τάση αυτή δεν ήταν ισχυρή. Εξάλλου, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το συγκεκριμένο δείγμα εδάφους συγκαταλέγεται στα «βαριά εδάφη» που ίσως επηρεάζει την ικανότητα των αυτοτοξικών ουσιών να μετακινηθούν ή και να εμποτιστούν στο έδαφος.

Από τις μετρήσεις του χλωρού και ξηρού βάρους των φυτών βγήκε το συμπέρασμα ότι τα φυτά που βρίσκονται σε μία «ασφαλή» ζώνη γύρω από τα παλαιότερα (20 cm) μπορούν να επωφεληθούν από μία προηγούμενη καλλιέργεια μηδικής. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι αυτοτοξίνες δεν έχουν φτάσει στην κρίσιμη αυτή συγκέντρωση που μπορεί να προκαλέσει ζημία στα νέα φυτά.

Η καλλιέργεια της μηδικής φάνηκε να είναι ικανή να επιδράσει ως αλληλοπαθητική σε μία άλλη καλλιέργεια, όπως είναι η φακή, όχι τόσο στη

βλάστηση των σπόρων, όσο στην ικανότητα της καλλιέργειας να αναπτύξει υγιή και εύρωστα φυτά σε ένα μηδικεώνα πολλών ετών, όπου προφανώς οι συγκεντρώσεις των αυτοτοξινών είναι υψηλές. Από τα αποτελέσματα του πειράματος, η φακή είχε υψηλά ποσοστά βλάστησης και μείωση φυτών στη συνέχεια.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Γαλανοπούλου-Σενδούκα, Σ. 2003. Ειδική Γεωργία Ι. Βόλος. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις.
- Κοντσιώτου, Ε.Κ. 2005. Η Μηδική: Καλλιέργεια και Χρήση. Αθήνα. Εκδόσεις Αγρότυπος ΑΕ.
- Λόλας, Π.Χ. 2003. Ζιζανιολογία: Ζιζάνια – Ζιζανιοκτόνα, Τύχη & Συμπεριφορά στο Περιβάλλον. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Παπακώστα - Τασοπούλου, Δ. 2005. Ψυχανθή (Καρποδοτικά – Χορτοδοτικά). Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Alam, S.M., Ala S.A., Azmi A.R., Khan M.A., Ansari R. 2001. "Allelopathy and its Role in Agriculture". Journal of Biological Sciences **1**:308-315.
- Anaya, A.L. 1999. "Allelopathy as a Tool in the Management of Biotic Resources in Agroecosystems". Critical Reviews in Plant Sciences **18**:697-739.
- Chon, S.-U., Choi S.-K., Jung S., Jang H.-G., Pyo B.-S., Kim S.M. 2002. "Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass." Crop Protection **21**:1077-1082.
- Chon, S.-U., Coutts J. H., Nelson C.J.. 2000. "Effects of Light, Growth Media, and Seedling Orientation on Bioassays of Alfalfa Autotoxicity." Agronomy Journal **92**:715-720.
- Chon, S.-U. and Kim J.-D. 2002. "Biological Activity and Quantification of Suspected Allelochemicals from Alfalfa Plant Parts." Journal of Agronomy and Crop Science **188**:281-285.
- Chon, S.-U. and Kim S.-M. 2004. "Herbicidal Potential and Quantification of Suspected Allelochemicals from Four Grass Crop Extracts." Journal of Agronomy and Crop Science **190**:145-150.

- Chon, S.-U. and Nelson C. J. 2001. "Effects of Experimental Procedures and Conditions on Bioassay Sensitivity of Alfalfa Autotoxicity." Communications in Soil Science and Plant Analysis **32**:1607-1619.
- Chon, S.-U., Nelson C.J., Coutts J.H. 2003. "Physiological Assessment and Path Coefficient Analysis to Improve Evaluation of Alfalfa Autotoxicity." Journal of Chemical Ecology **29**:2413-2424.
- Chon, S.-U., Nelson C.J., Coutts J.H. 2004. "Osmotic and Autotoxic Effects of Leaf Extracts on Germination and Seedling Growth of Alfalfa." Agronomy Journal **96**:1673-1679.
- Chung, I.M. and Miller D.A. 1995. "Differences in autotoxicity among seven alfalfa cultivars." Agronomy Journal **87**:596-600.
- Chung, I.M. and Miller D.A. 1995c. "Effect of Alfalfa Plant and Soil Extracts on Germination and Growth of Alfalfa". Agronomy Journal **87**:762-767.
- Cosgrove, D. 1996. "Effect of phytophthora resistance levels and time of planting on alfalfa autotoxicity". p. 73–75. *In Proc. 1996 Am. Forage and Grassl. Counc. Conf., Vancouver, BC, Canada. 13–15 June 1996. Am. Forage Grassl. Counc., Georgetown, TX.*
- Einhellig, F.A. and Leather G.R. 1988. "Potentials for Exploiting Allelopathy to Enhance Crop Production". Journal of Chemical Ecology **14**:1829-1844.
- Fitter A.H., Hay R.K.M. 2001. "Environmental Physiology of Plants". p. 325-329. Academic Press. London.
- Friedman, J., Waller, G.R. 1985. "Allelopathy and Autotoxicity". Trends in Biochemical Sciences **10**:47-50.
- Guenzi, W.D., Kehr W.R., and McCalla T.M. 1964. "Water-soluble Phytotoxic Substances in Alfalfa Forage: Variation with Variety, Cutting, Year, and Stage of Growth". Agronomy Journal **56**:499-500.
- Hedge, R. S. and Miller D. A. 1990. "Allelopathy and Autotoxicity in Alfalfa: Characterization and Effects of Preceding Crops and Residue Incorporation." Crop Science **30**: 1255-1259.
- Hedge, R. S. and Miller D. A. 1992. "Concentration Dependency and Stage of Crop Growth in Alfalfa Autotoxicity." Agronomy Journal **84**: 940-946.

- Hedge, R. S. and Miller D. A. 1992. "Scanning Electron Microscopy for Studying Root Morphology and Anatomy in Alfalfa Autotoxicity". Agronomy Journal **94**:618-620.
- Inderjit, and Duke S.O. 2003. "Ecophysiological Aspects of Allelopathy". Planta **217**:529-539.
- Jennings, J.A., and Nelson C.J. 1991. "Reseeding old alfalfa stands". p. 162–165. *In Proc. 1991 Am. Forage and Grassl. Council Conf., Columbia, MO. 1–4 Apr. 1991. Am. Forage Grassl. Council., Georgetown, TX.*
- Jennings, J.A., and Nelson C.J. 1998. "Influence of Soil Texture on Alfalfa Autotoxicity". Agronomy Journal **90**:54-58.
- Jennings, J.A., and Nelson C.J. 2002. "Rotation Interval and Pesticide Effects on Establishment of Alfalfa after Alfalfa". Agronomy Journal **94**:786-791.
- Jennings, J.A., and Nelson C.J. 2002. "Zone of Autotoxic Influence around Established Alfalfa Plants." Agronomy Journal **94**: 1104-1111.
- Jensen, E.H., Hartman B.J., Lundin F., Knapp S., and Brookerd B. 1981. "Autotoxicity of alfalfa". Bull. R144. Nevada Agricultural Experimental Station, University of Nevada, Reno.
- Kessmann H., Edwards R., Geno P.W., Dixon R.A. 1990. "Stress Responses in Alfalfa (*Medicago sativa* L.)". Plant Physiology **94**:227-232.
- Khanh, T.D., Chung M.I., Xuan T.D., Tawata S. 2005. "The Exploitation of Crop Allelopathy in Sustainable Agricultural Production". Journal of Agronomy and Crop Science **191**:172-184.
- Kehr, W.R., Watkins J.E., and Ogden R.L. 1983. "Alfalfa establishment and production with continuous alfalfa and following soybeans". Agronomy Journal **75**:435–438.
- Klein, R.R., and Miller D.A. 1980. "Allelopathy and its role in agriculture". Communications in Soil Sciences and Plant Analysis **11**:43–56.
- Miller, D.A. 1983. "Allelopathic Effects of Alfalfa". Journal of Chemical Ecology **9**:1059-1072.
- Miller, D.A. 1984. "Forage Crops". pp.269-281. McGraw-Hill. USA.

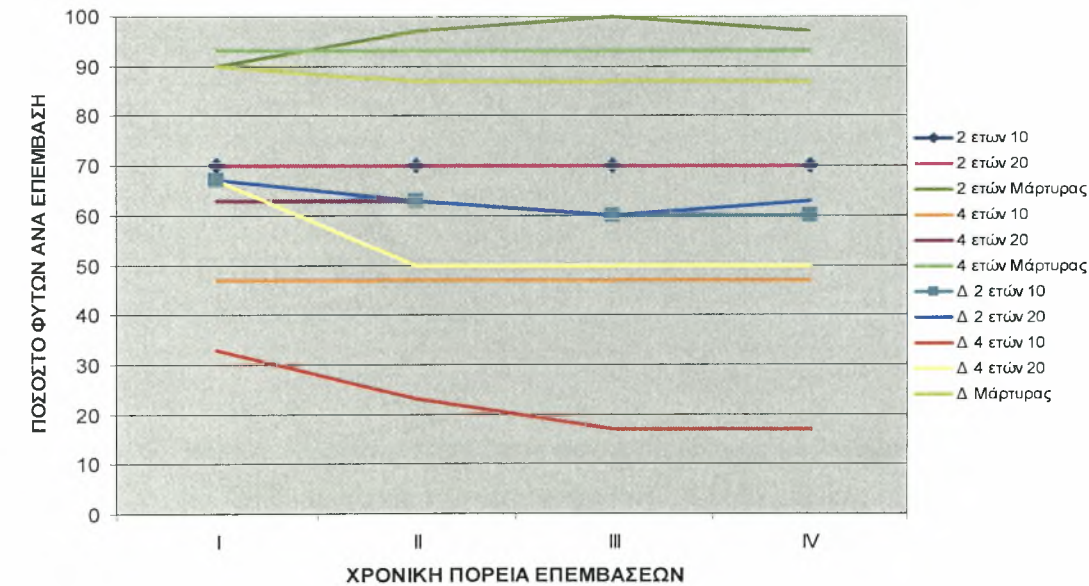
- Miller, D.A. 1992. "Allelopathy and Establishment". Alfalfa Talk (Certified Alfalfa Seed Council, Davis, CA) **12**:1.
- Miller, D.A. 1996. "Allelopathy in Forage Crop Systems". Agronomy Journal **88**:854- 859.
- Mueller-Warrant, G.W., and Koch D.W. 1981. "Renovation of old alfalfa stands without tillage". p. 110. *In* 1981 agronomy abstracts. ASA, Madison, WI.
- Nelson, C.J. 1996. "Allelopathy in Cropping Systems". Agronomy Journal **88**:991-996.
- Nelson, C.J., Hall M.H., and Coutts J.H. 1998. Seeding rate effects on self-thinning of alfalfa. p. 6–10. *In* Proc. 1998 Am. Forage and Grassl. Counc. Conf., Indianapolis, IN. 8–10 Mar. 1998. Am. Forage and Grassl. Counc., Georgetown, TX.
- Oleszek, W., Jurzysta M., and Górski P. M. 1992. "Alfalfa saponins — the allelopathic agents". *In: Allelopathy: Basic and Applied Aspects*. pp. 151–177. Rizvi S. J. H. and Rizvi, V., Eds., Chapman and Hall, London.
- Read, J. J. and Jensen E. H. 1989. "Phytotoxicity of water-soluble substances from alfalfa and barley soil extracts on four crop species." Journal of Chemical Ecology **15**: 619-628.
- Reigosa, M.J., Sánchez-Moreiras A., Gonzalez L. 1999. "Ecophysiological Approach in Allelopathy". Critical Reviews in Plant Sciences **18**:577-608.
- Seguin, P., Sheaffer C. C., Schmitt M.A., Russelle M.P., Randal G.W. 2002. "Effects of Reseeding Delay, Original Stand Age, and Cultivar." Agronomy Journal **94**: 775-781.
- Singh, H.P., Batish D.R., Kohli R.K. 1999. "Autotoxicity: Concept, Organisms, and Ecological Significance". Critical Reviews in Plant Sciences **18**:757-772.
- Tesar, M.B., and Marble V.L. 1988. "Alfalfa establishment". *In* AA Hanson, DK Barnes and RR Hill, Jr. Alfalfa and Alfalfa Improvement, p.309-310. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Tesar, M. B. 1993. "Delayed Seeding of Alfalfa Avoids Autotoxicity after Plowing or Glyphosate Treatment of Established Stands." Agronomy Journal **85**:256-263.

- Webster, G.R., Khan S.V., and Moore A.W. 1967. "Poor Growth of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) on Some Alberta Soils. Agronomy Journal **59**:37-41.
- Wyman-Simpson, C.L., Waller G.R., Jurzysta M., McPherson J.K., and Young C.C. 1991. "Biological Activity and Chemical Isolation of Root Saponins of Six Cultivars of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Plant Soil **135**:83-94.
- Xuan, T.D., Tawata S., Khanh T.D., Chung I.M. 2005. "Decomposition of Allelopathic Plants in Soil". Journal of Agronomy and Crop Science **191**:162-171.
- Xuan, T. D., and Tsuzuki E. 2002. "Varietal Differences in Allelopathic Potential of Alfalfa." Journal of Agronomy and Crop Science **188**: 2-7.
- Xuan, T.D., Tsuzuki E., Uematsu H., Terao H. 2001. "Weed Control with Alfalfa Pellets in Transplanting Rice". Weed Biology and Management **1**:231-235.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Ποσοστό βλάστησης σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικεώνα και την απόσταση δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

Απόσταση	Ηλικία	Ποσοστό βλάστησης, %							
		2 ετών		4 ετών		Διήθηση 2 ετών		Διήθηση 4 ετών	
		I	II	I	II	I	II	I	II
10 cm		70	78	40	52	88	88	85	90
20 cm		72	72	43	67	82	89	85	91
Μάρτυρας		75	77	70	73	92	100	92	100
LSD _{0.05}		17	15	21	19	15	14	14	13



Σχήμα 2. Επιβίωση φυτών μηδικής ανά επέμβαση σε σχέση με την ηλικία του μηδικεώνα και την απόσταση του δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

Πίνακας 3. Χλωρό και ξηρό βάρος ανά 10 φυτά

Ηλικία	2 ετών		4 ετών		Διήθηση 2 ετών		Διήθηση 4 ετών	
	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό
Απόσταση								
10 cm	3.690	0.622	4.573	0.652	3.583	0.541	3.000	0.491
20 cm	4.465	0.729	3.863	0.687	3.803	0.617	4.293	0.691
Μάρτυρας	3.357	0.539	3.070	0.416	3.447	0.485	3.447	0.485
LSD _{0.05}	15	17	18	14	14	13	14	13

Πίνακας 4. Ποσοστό βλάστησης σπόρων μηδικής σε σχέση με την ηλικία του μηδικεύνα και την απόσταση του δείγματος εδάφους από τα εγκατεστημένα φυτά μηδικής.

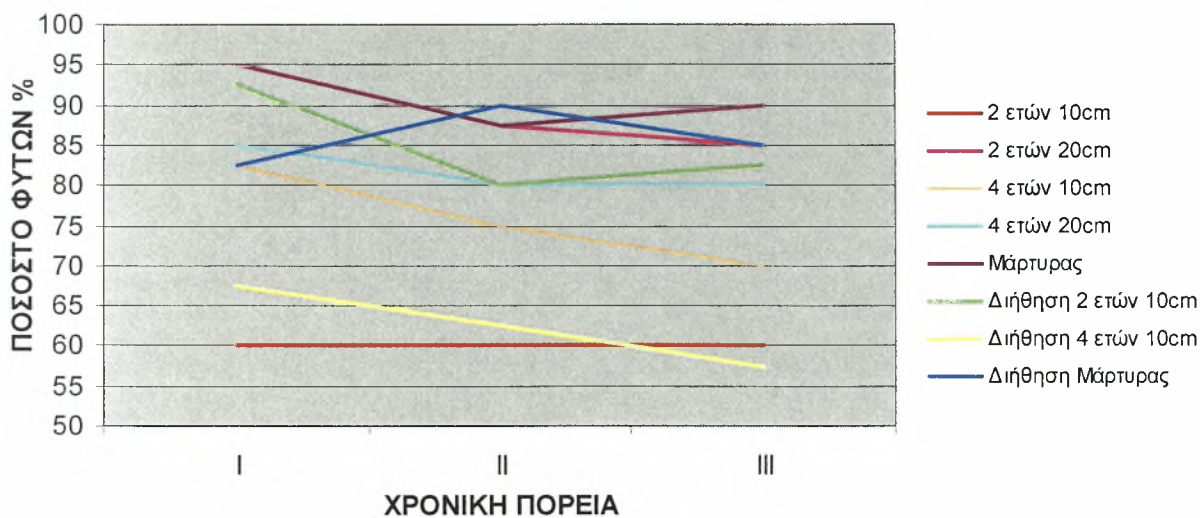
Ηλικία	2 ετών		4 ετών		Διήθημα 2 ετών		Διήθημα 4 ετών	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Απόσταση								
10 cm	41	51	60	65	69	78	60	60
20 cm	49	74	61	71	-	-	-	-
Μάρτυρας	71	84	71	84	63	70	63	70
LSD _{0.05}	16	14	20	18	14	13	12	13

I: καταγραφή 3 ημέρες μετά τη σπορά

II: καταγραφή 7 ημέρες μετά τη σπορά

Πίνακας 5. Ποσοστό βλάστησης σπόρων φακής σε έδαφος με διαφορετική ηλικία του μηδικεύνα και την απόσταση από τα φυτά μηδικής.

Επέμβαση	Ποσοστό βλάστησης %
Έδαφος από μηδικεύνα 2 ετών, απόσταση 10 cm	83
Έδαφος από μηδικεύνα 4 ετών, απόσταση 10 cm	82
Μάρτυρας	92



I: 1^η καταγραφή φυτών (14 ημέρες μετά τη σπορά και 7 ημέρες μετά την αραίωση)
 II: 2^η καταγραφή (15 ημέρες μετά την πρώτη)
 III: 3^η καταγραφή (15 ημέρες μετά τη δεύτερη)

Σχήμα 7. Ποσοστά φυτών μηδικής που επέζησαν ανά επέμβαση σε σχέση με την ηλικία του μηδικέωνα και την απόσταση του δείγματος από τα εγκατεστημένα φυτά.

Πίνακας 7. Ποσοστά φυτών ανά επέμβαση και καταγραφή.

Επέμβαση	Ποσοστό βλάστησης %		
	I	II	III
Έδαφος από μηδικέωνα 2 ετών, απόσταση 10cm	100	100	100
Έδαφος από μηδικέωνα 4 ετών, απόσταση 10cm	98	88	80
Μάρτυρας	100	98	98

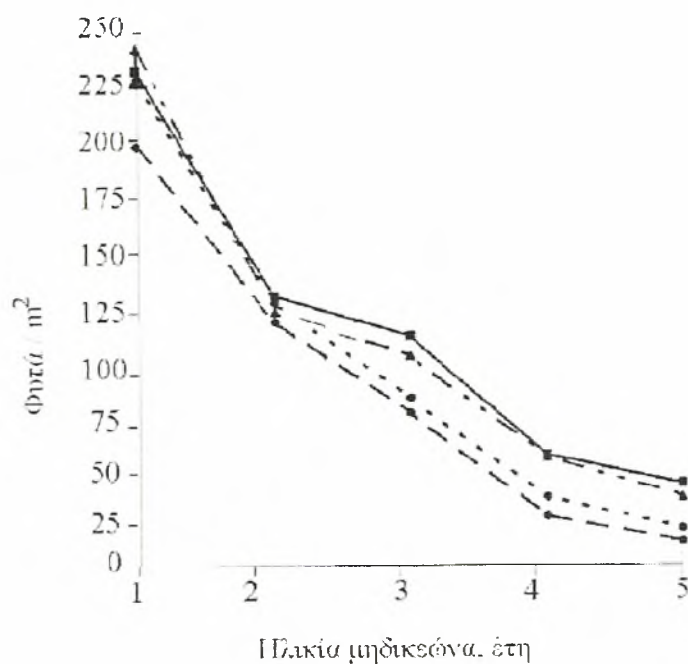
I: 1^η καταγραφή φυτών (14 ημέρες μετά τη σπορά και 7 ημέρες μετά την αραίωση)
 II: 2^η καταγραφή (15 ημέρες μετά την πρώτη)
 III: 3^η καταγραφή (15 ημέρες μετά τη δεύτερη)

Πίνακας 8. Χλωρό και ξηρό βάρος μηδικής ανά 10 φυτά.

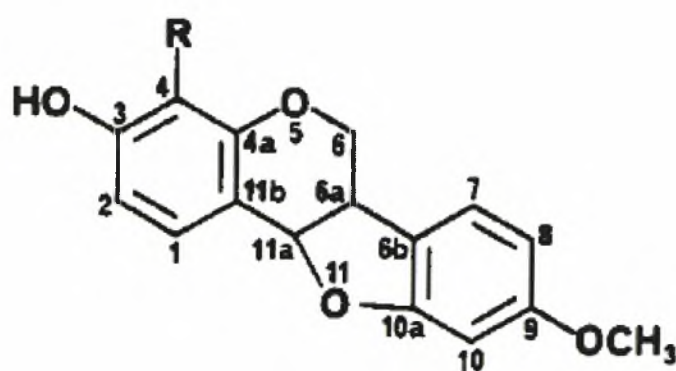
Ηλικία Απόσταση	2 ετών		4 ετών		Διήθημα 2 ετών		Διήθημα 4 ετών	
	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό	Χλωρό	Ξηρό
10 cm	4.89	1.18	4.37	0.85	3.51	0.984	5.27	1.24
Μάρτυρας	3.43	0.92	3.43	0.92	3.48	0.896	3.48	0.896
20 cm	2.81	0.81	4.09	0.72	-	-	-	-
LSD _{0.05}	17	15	21	18	15	14	11	13

Πίνακας 9. Μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους μηδικής ανά 10 φυτά

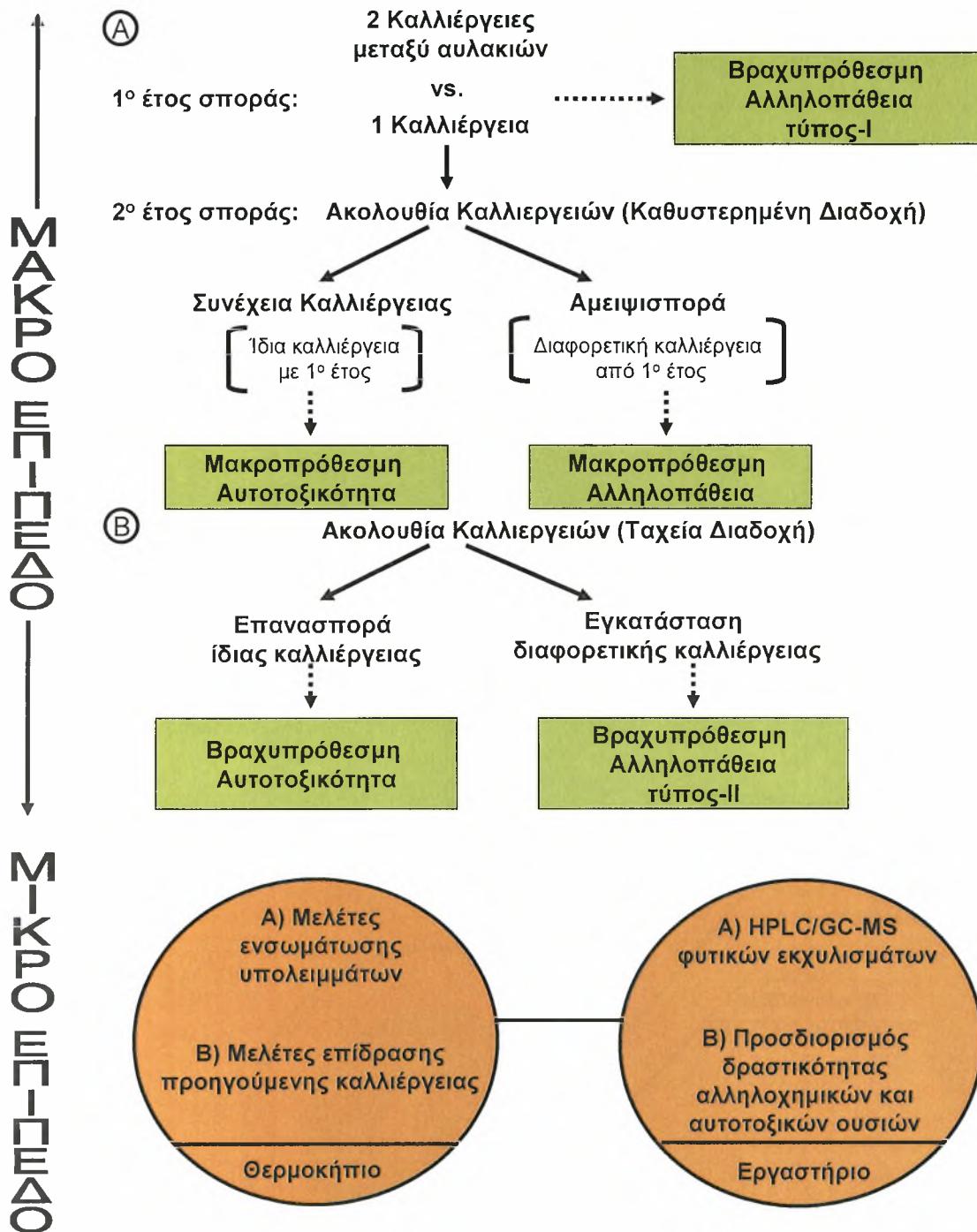
Επέμβαση	Χλωρό Βάρος	Ξηρό Βάρος
Έδαφος από μηδικώνα 2 ετών, απόσταση 10 cm	4.18	0.95
Έδαφος από μηδικώνα 4 ετών, απόσταση 10 cm	1.82	0.62
Μάρτυρας	3.71	0.94



Εικόνα 1. Επίδραση της ηλικίας του μηδικεύνα στον πληθυσμό των φυτών της μηδικής (Volonec, 1999).



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση του μορίου της μεδικαρπίνης.

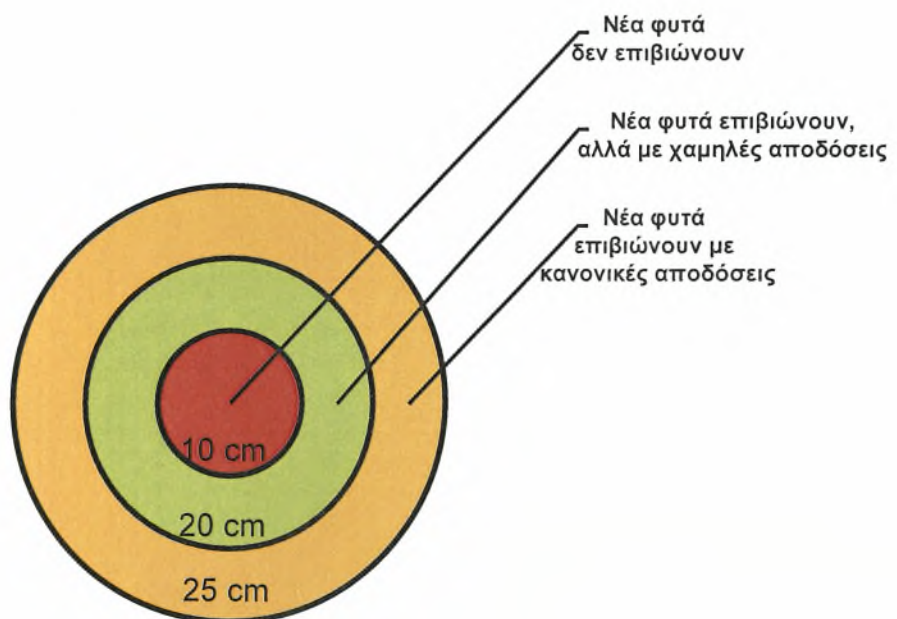


Εικόνα 3. Διάγραμμα ροής για τη μελέτη της αλληλοπάθειας και/ή της αυτοτοξικότητας στις καλλιέργειες (Hedge and Miller, 1990).

Μακρο-επίπεδο: συνθήκες αγρού για επιβεβαίωση του φαινομένου, Μίκρο-επίπεδο: συνθήκες εργαστηρίου/θερμοκηπίου για κατανόηση των λειτουργιών, Βραχυπρόθεσμη Αυτοτοξικότητα/Αλληλοπάθεια: αλληλεπιδράσεις καλλιεργειών σε μία καλλιεργητική περίοδο, Μακροπρόθεσμη Αυτοτοξικότητα/Αλληλοπάθεια: αλληλεπιδράσεις καλλιεργειών σε παραπάνω από μία καλλιεργητικές περιόδους.



Εικόνα 4. Χαρακτηριστική εικόνα επίδρασης της αυτοτοξικότητας σε νέα φυτά σπαρμένα περιμετρικά γύρω από παλαιότερα (Jennings και Nelson, 2002).



Εικόνα 5. Σχηματική αναπαράσταση της ζώνης της αυτοτοξικής επίδρασης γύρω από παλαιότερα φυτά μηδικής (Jennings και Nelson, 2002).

